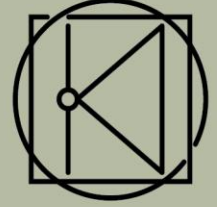


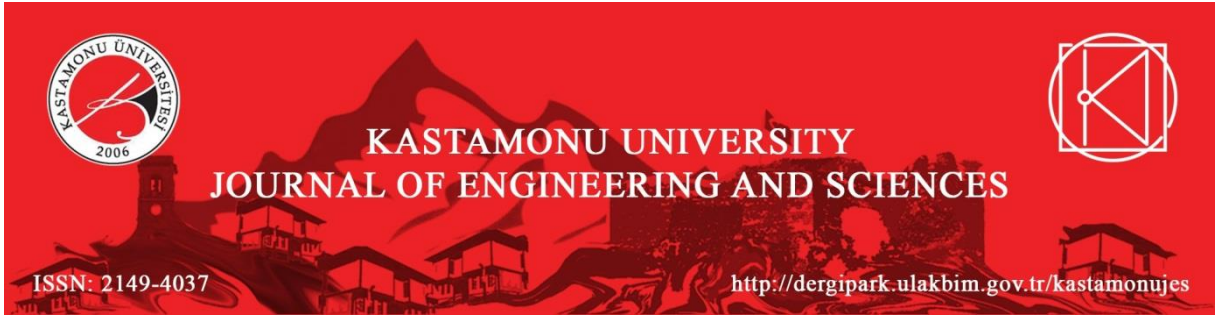


**KUJES**  
KASTAMONU ÜNİVERSİTESİ



**MÜHENDİSLİK  
VE FEN BİLİMLERİ  
DERGİSİ**

**JOURNAL OF  
ENGINEERING  
& SCIENCES**



**Kastamonu Üniversitesi  
Mühendislik ve Fen Bilimleri  
Dergisi**



**Kastamonu University  
Journal of  
Engineering and Science**

Kastamonu Üniversitesi Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi Hakemli bir dergidir ve yılda 2 defa yayınlanır

Cilt: 3	No:1	Haziran 2017	Vol: 3	Issue: 2	June 2017	ISSN 2149-4037 E-ISSN
---------	------	--------------	--------	----------	-----------	--------------------------

<b>Sahibi:</b> Prof. Dr. Seyit AYDIN Rektör	<b>Owner:</b> Prof. Dr. Seyit AYDIN Rector
<b>Genel Yayın Yönetmeni:</b> Prof. Dr. Naci TÜZEMEN Dekan	<b>General Publishing Manager:</b> Prof. Dr. Naci TÜZEMEN Dean
<b>Editör:</b> Prof. Dr. Savaş CANBULAT	<b>Editor:</b> Prof. Dr. Savaş CANBULAT
<b>Alan Editörleri</b>	<b>Field Editors</b>
Yrd. Doç. Dr. Çiğdem SAKICI, (Peyzaj Mimarlığı)	Assist. Prof. Dr. Çiğdem SAKICI (Landscape Architecture)
Prof. Dr. İzzet ŞENER (Gıda Mühendisliği)	Prof. Dr. İzzet ŞENER (Food Engineering)
Yrd. Doç. Dr. Serkan ISLAK (Kimya Mühendisliği)	Assist. Prof. Dr. Serkan ISLAK (Chymistry Engineering)
Doç. Dr. Mehmet Cengiz BALOĞLU (Genetik ve Biyomühendislik)	Assoc. Prof. Dr. Mehmet Cengiz BALOĞLU, (Genetics and Bioengineering)
Prof. Dr. Fatma KANDEMİRLİ (Biyomedikal Mühendisliği)	Prof. Dr. Fatma KANDEMİRLİ (Biomedical Engineering)
Yrd. Doç. Dr. Özkan ESKİ (Makina Mühendisliği)	Yrd. Doç. Dr. Özkan ESKİ (Machina Engineering)
Yrd. Doç. Dr. Seçil KARATAY (Elektrik ve Elektronik Mühendisliği)	Assist. Prof. Dr. Seçil KARATAY (Electrical and Electronics Engineering)
Prof. Dr. Özkan KÜÇÜK (Malzeme Bilimi ve Nanoteknoloji Mühendisliği)	Prof. Dr. Özkan KÜÇÜK (Materials Science and Nanotechnology Engineering)
Yrd. Doç. Dr. Selçuk MEMİŞ (İnşaat Mühendisliği)	Assist. Prof. Dr. Selçuk MEMİŞ (Construction Engineering)
Yrd. Doç. Dr. Aydın TÜRKYILMAZ (Çevre Mühendisliği)	Assist. Prof. Dr. Aydın TÜRKYILMAZ (Environmental Engineering)
Yrd. Doç. Dr. Yasemin GÜLTEPE (Bilgisayar Mühendisliği)	Assist. Prof. Dr. Yasemin GÜLTEPE (Computer Engineering)
Prof. Dr. Yaşar BOLAT (Matematik)	Prof. Dr. Yaşar BOLAT ( Mathematics)
Prof. Dr. Atif ÇETİNER (Fizik)	Prof. Dr. Atif ÇETİNER (Physics)
Doç. Dr. Talip ÇETER (Biyoloji)	Doç. Dr. Talip ÇETER (Biology)
Yrd. Doç. Dr. Halit MUĞLA (Kimya)	Assist. Prof. Dr. Halit MUĞLA (Chmistry)



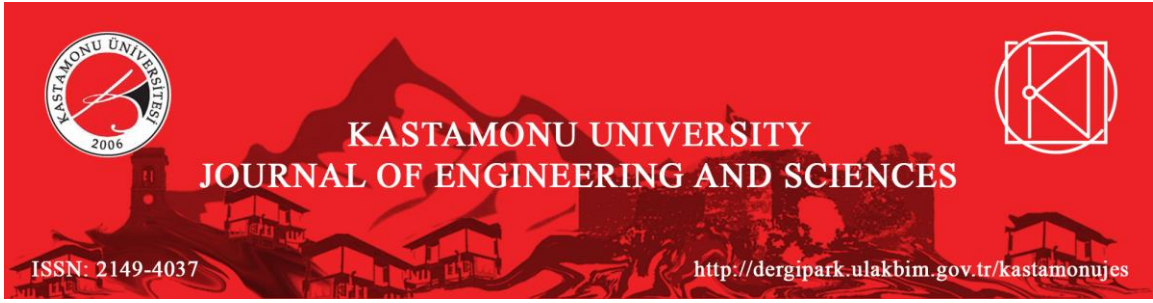
Cilt: 3	No:1	Haziran 2017	Vol: 3	Issue: 2	June 2017	ISSN 2149-4037 E-ISSN
---------	------	--------------	--------	----------	-----------	--------------------------

<b>Bu Sayının Hakem Listesi</b> Prof. Dr. L. Gürkan KAYA Doç. Dr. Mehmet BARAN Doç. Dr. Serkan ISLAK Doç. Dr. Uğur ÇALIGÜLÜ Yrd. Doç. Dr. Arif UZUN Yrd. Doç. Dr. Hakan ŞEVİK Yrd. Doç. Dr. M. Cem YILMAZ Yrd. Doç. Dr. Kerim GÜNEY	<b>This Issue of the Referee</b> Prof. Dr. L. Gürkan KAYA Assoc. Prof. Dr. Mehmet BARAN Assoc. Prof. Dr. Serkan ISLAK Assoc. Prof. Dr. Uğur ÇALIGÜLÜ Assist. Prof. Dr. Arif UZUN Assist. Prof. Dr Hakan ŞEVİK Assist. Prof. Dr. M. Cem YILMAZ Assist. Prof. Dr. Kerim GÜNEY
<b>Dizgi Sorumluları:</b> Araş. Gör. Kaan IŞINKARALAR Araş. Gör. Hatice Bike İÇEN	<b>Compositors:</b> Ress. Assist. Kaan IŞINKARALAR Ress. Assist. Hatice Bike İÇEN
Kastamonu Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi 37100- Kastamonu / TÜRKİYE Tel: +(90)366 2802901 Fax: +(90)366 2802900 Web: <a href="http://dergipark.ulakbim.gov.tr/kastamonujes">http://dergipark.ulakbim.gov.tr/kastamonujes</a> e-mail:	
<b>Bu dergi yılda iki defa yayınlanır. (Haziran-Aralık)</b>	<b>This journal is published two times in a year. (June-December)</b>
Kastamonu University Journal of Engineering and Science Indexed and Abstracted in: Dergipark	

Cilt: 3	No:1	Haziran 2017	Vol: 3	Issue: 2	June 2017	ISSN 2149-4037 E-ISSN
---------	------	--------------	--------	----------	-----------	--------------------------

### İÇİNDEKİLER/ CONTENTS

63 Serisi priz kolye tasarım geometrisinin sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak seçimi	Özkan KÜÇÜK, Burak ÖZTÜRK, Yusuf Serhat ALTINBİLEK, Tayeb Taher Kalefa ELFARAH	1
Bazı İç Mekan Süs Bitkilerinde Klorofil Miktarının Değişimi	Mehmet CETİN	11
Mikro Çelik Lif ve Kuvars Kumunun Yüksek Performanslı Betonların Basınç Kırılmasına Etkileri	Abdussamet ARSLAN, Duygu DEMİRTÜRK	20
Şehir su şebekesi tesisat boru bağlantı elemanlarının akışkan analizine bağlı basınç dayanım analizinin yapılması	Özkan KÜÇÜK, Burak ÖZTÜRK, Yusuf Serhat ALTINBİLEK, Tayeb Taher Kalefa ELFARAH	32
Karbür uçların geri dönüşümü ile kum karıştırıcı prototip üretimi ve montaj tasarımının analizi	Özkan KÜÇÜK, Burak ÖZTÜRK, Yusuf Serhat ALTINBİLEK , Tayeb Taher Kalefa ELFARAH	44
Alaşımız Çelik Levhaların A-TIG Kaynağında Kaynak Parametrelerinin ve Macunun Dikiş Derinliğine Tesirleri ve Optimizasyonu	Memduh Kurtulmuş	51
.....	....	60



## 63 Serisi priz kolye tasarım geometrisinin sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak seçimi

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

### ARTICLE INFO

Received: November: 26, 2016;  
Reviewed: December: 02, 2016;  
Accepted: December: 05, 2016;

#### Keywords:

Saddle Clamps  
Finite Elements Method  
Plastic Injection  
Design

#### Corresponding Author:

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

### ABSTRACT

Saddle clamps is use on plastic and metal pipe connections. There are models with different types of industrial design patents. The design geometry differs in each case. The addition of scrap material to the plastic pipe fittings produced in the industry places safety and health risks in the water networks. Leaks are observed as a result of fatigue in plastic fittings used in agricultural land under high temperature effect. The fatigue behavior is inversely proportional to the safety coefficient. When the literature is examined, it has been determined that the safety coefficient, deformation and maximum stress amount of the clamps saddles material of the set are not calculated. In this study, 4 different geometries are modeled which are not design patents and different from other products. Different parameters such as ease of production, aesthetics, difference and lightness are considered. According to the analysis carried out, the prototype model was chosen considering the easiness in production and pre-investment costs. For two types of designs, an industrial design patent application was made.

### ÖZET

#### Anahtar Kelimeler:

Priz Kolye,  
Sonlu Elemanlar Yöntemi,  
Plastik Enjeksiyon,  
Tasarım,

Priz kolye, plastik ve metal boru bağlantılarında kullanılan bir üründür. Farklı tip endüstriyel tasarım patentine sahip modeller bulunmaktadır. Her bir üründe tasarım geometrisi farklılıklar göstermektedir. Endüstride üretimi yapılan plastik boru bağlantı elemanlarına hurda malzeme katılmakta olup, buda su şebekelerinde güvenliği ve aynı zamanda sağlığı riske atmaktadır. Yüksek sıcaklık etkisi altında olan tarım arazilerinde kullanılan plastik bağlantı elemanlarında yorulma sonucunda sızıntı ve kaçaklar gözlenmektedir. Emniyet katsayısı ile yorulma davranışı ters orantılıdır. Literatür incelendiğinde priz kolye için emniyet katsayısı, deformasyon ve maksimum gerilme miktarının hesabının incelenmediği gözlemlenmiştir. Bu çalışma ile tasarım patenti olmayan ve diğer ürünlerden farklı 4 adet geometri modellenmiştir. Bu yapılırken, üretim kolaylığı, estetik, farklılık ve hafiflik gibi farklı parametreler göz önünde bulundurulmuştur. Yapılan analiz çalışmasına göre üretimde kolaylık ve ön yatırım maliyetleri dikkate alınarak prototip model belirlenmiştir.

## 1. Giriş

Plastik priz kolye, bina içi su şebekelerinde ve özellikle tarım alanları sulama sistemlerinde plastik boruların metal borularla bağlantısını sağlayan boru bağlantı elemanıdır. Plastik boru bağlantı elemanlarının emniyet katsayısı dökme demir boru bağlantı elemanlarına göre daha azdır. Plastik boru bağlantı elemanlarının ham madesine çoğunlukla hurda malzeme karışımı yapılarak kalite düşürülmektedir. Öyleki ülkemizde üretimi yapıp yurt dışına ihracat yapan bir üreticinin tasarım geometrisi %40-70 oranlarında daha hafif olmasına rağmen hurda malzeme karışımı yapılmadığı için basınç dayanımı daha fazladır [Poelsan]. Özellikle yüksek sıcaklığın etkili olduğu tarım arazilerinde plastik bağlantı elemanları açık tarım arazisinde mekanik özelliklerinde yorulma gözlenmektedir. Bağlantı elemanlarında oluşur yorulmadan dolayı su kaçaqları gözlemlenebilir. Bazı durumlarda su basması gibi doğal afetler oluşabilmektedir. Bir malzemenin basınç kuvvetleri etkisi altındaki emniyet katsayısı değeri, yorulma dayanımı miktarı ile doğru orantılıdır. Ayrıca hurda malzeme katkısı ile sağlığı olumsuz yönde etkileyen tesisat hatlarının oluşturulduğu düşünülmektedir. Plastik bağlantı elemanları su güvenliği ve sağlığı için en önemli araştırma konularından bir tanesidir.

Atılğan ve Öztürk, (1999) yaptıkları bir çalışmada, boru bağlantı elemanlarında ve geçiş borularında enerji kayıplarını incelemişlerdir. Yine diğer bir çalışmada, peyzaj boru bağlantı elemanlarının ve priz kolyelerin özellikleri araştırılmıştır (Çelik H. E., 2004). Balkaya M. ve Sağlamer A. (2011), conta bağlantılı plastik boru bağlantı elemanlarının sonlu elemanlar yöntemi ile analizini yapmışlardır. Diğer bir çalışmada, yaygın olarak kullanılan bazı sıhhi tesisat elemanlarındaki basınç kayıpları kuramsal ve deneysel olarak hesaplanmıştır (Bulgurcu H. ve Özmen G., 2011). Bir araştırmacı, zemine gömülü boruların sismik etkiler altındaki davranışı araştırmıştır (Şendir S., 2005). Gümüş M. (2009) ise, farklı zeminlerdeki boruların dinamik yükler altındaki davranışlarını incelemiştir

Priz kolyeler plastik enjeksiyon yöntemi ile üretilir. Metal boruların bağlanabilmesi için bir dış açılması gerekir. Bu dış açma işlemi otomasyon sistemleri yardımı ile kalıpta yapılabilir veya sonradan açılan örnekleri de vardır. Endüstride farklı tip ve şekillerde priz kolye üretimi yapılmaktadır.



Şekil 1. Farklı tip endüstriyel tasarım örnekleri

Üretimi gerçekleştirilen bu farklı tip geometrilerin endüstriyel tasarım patentleri vardır. Faydalı model koruma kapsamında her bir ürünün tasarım geometrisi diğerlerinden belirlenen oranda farklı olmak

zorundadır. Şekil 1'de farklı tip 63 serisi örnek modelleri yer almaktadır. (a)'da senkron plastik tasarımı kalın ve dayanıklı bir geometri kullanmıştır. (b)'de yer alan ise Poelsan plastik tasarımıdır ve ihracatı en fazla olan üründür. (b) tasarımının malzeme ağırlığı minimum olup estetik bir görünüme sahiptir. (c)'de ise Gpa plastik vardır ve tasarımında (b) ve (a) tasarımlarından esinlendiği düşünülmektedir. (d)'de ise Pimtasplastik sade bir tasarım görüntüsüne sahiptir.

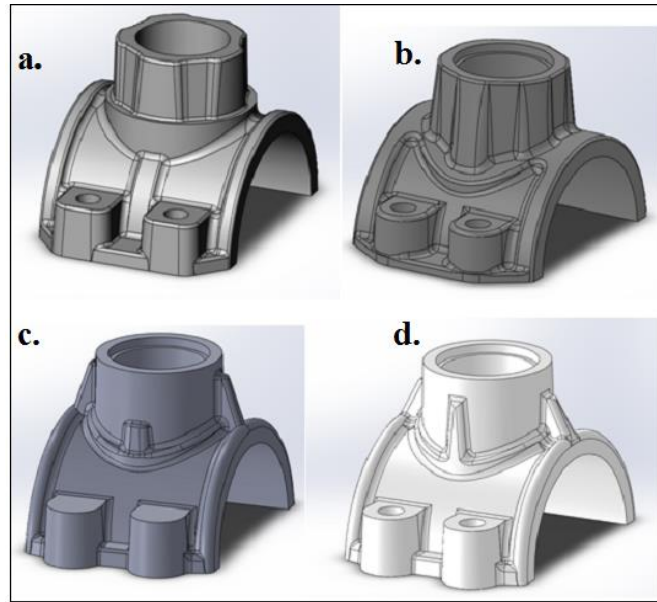
Farklı tip tasarımlar sonlu elemanlar yöntemi ile şekillendirilmektedir. Bu çalışmalarda ürünler değişkenlik göstermektedir. Kamyon aksesuarlarını Selenbaş (2011), otomobil tamponunu Öztürk ve Kaya (2008), dişli çarkı Fetvacı ve Irmak (2004), kanca geometrisini Ayhan (2003), kaynaklı bağlantıları Karaoğlu (2002) ve tünel şekillerini ise Yalçinkaya ve Satır incelemiştir (2005).

Endüstride üretimi yapılan yerli ve yabancı priz kolye tasarımları incelenmiş, ürünlerin bazılarının geometrisinin çok zayıf olduğu belirlenmiştir. Bazı tasarımların ise gereksiz kalınlıkta imal edildiği gözlenmiştir. Ağır olan bu ürünler hurda malzeme ile üretilerek dayanımı azaltılmaktadır. Özellikle metal boru bağlantı kısmının sismik olaylar nedeniyle daha kalın tasarlanması gerektiği öngörülmüştür. Ayrıca sismik etkinin şiddetini sönmüleyici bir fitil tasarımı da emniyet katsayısını önemli miktarda artıracaktır. Aynı zamanda malzeme yorulması için de emniyet katsayısı artırılabilir.

Literatür incelendiğinde sonlu elemanlar yönteminin plastik boru bağlantı elamanlarının geliştirilmesi için uygulanmadığı gözlenmiştir. Bu çalışma ile plastik priz kolye tasarımında ideal geometri tipi ve seçim öncelikleri araştırılıp yeni bir model geliştirilmesi ve ev tesisat hatlarımız dâhil birçok alanda kullanılan priz kolye malzemesinin basınç dayanım analizlerinin yapılması amaçlanmıştır.

## 2. Materyal ve Metod

Endüstriyel tasarım patentine sahip olmayan 4 farklı tip geometri, Solidworks programı ile basınç artırıcı faktörler göz önünde bulundurularak tasarlanmıştır (Şekil 2). (a) tipi tasarımda kalıp üretim kolaylığı, (b)-(c) tipi tasarımda farklılık ve hafiflik gibi etkenler dikkate alınarak geometrilerine karar verilmiştir. Bu geometrilerin her biri 1" metal boru çıkışı bağlantısına göre tasarlanmıştır. (b) ve (c) tasarımlarında 1/2" ve 3/4" boru çıkışı için yeni bir kalıp üretimine ihtiyaç vardır. Geliştirilen çift lokmalı kalıp tasarımı ile (a) tipi modelde tek kalıpta üç farklı malzeme üretimi sağlanabilmektedir.



**Şekil 2.** Geliştirilen örnek modeller



Su basıncı akışkan hareketinden dolayı %5-10 farklılık gösterebilir. Bu çalışmada akışkan basınç değişimi dikkate alınmamıştır. Geliştirilen 4 farklı tasarımın kendi içerisinde karşılaştırmalı analizi yapılarak ideal model seçimi bu çalışmanın temel konusudur. Analiz parametrelerinin tamamının bütün tasarımlarda aynı olması gerekmektedir.

Endüstride homopolymer plastik boncuklardan priz kolyelerin üretildiği belirlenmiştir. Tablo 1'de yer alan mekanik özellikler Solidworks kütüphanesinden alınmıştır. Su basıncının etki ettiği plastik boru çıkışı ve metal boru bağlantı yüzeyleri 10 bar basınçta etki edecek şekilde seçilmiştir. Civataların bağlandığı yüzeyler sabit bağlantı olarak belirlenmiş ve sabitlemiştir. Solidworks programı ile statik basınç dayanım analizleri herbir geometri için yapılmıştır.

Malzeme Adı	Elastikiyet Modülü (MPa)	Yoğunluk Kg / m <sup>3</sup>	Çekme Dayanımı (Mpa)	Basma Dayanımı (MPa)
Homopolymer	1790	933	33	39,3

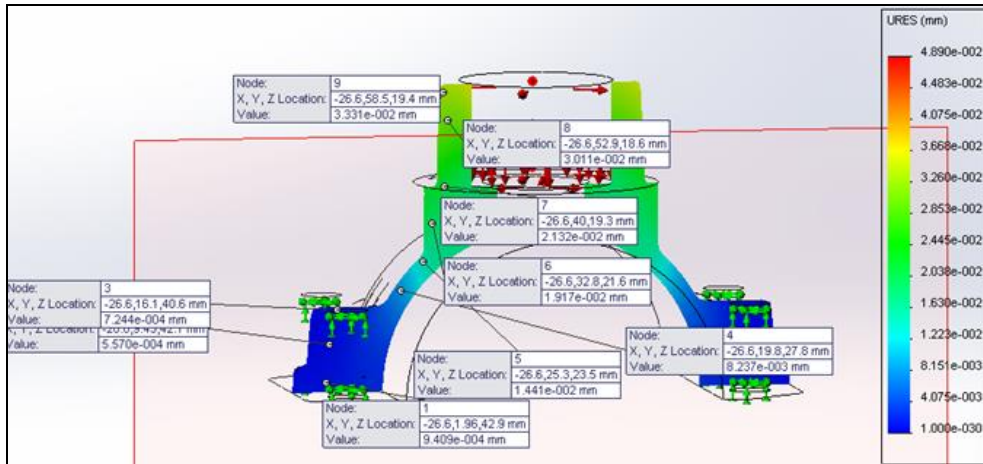
**Tablo.1** PP Homopolymer mekanik özellikleri

### 3. Sonuçlar

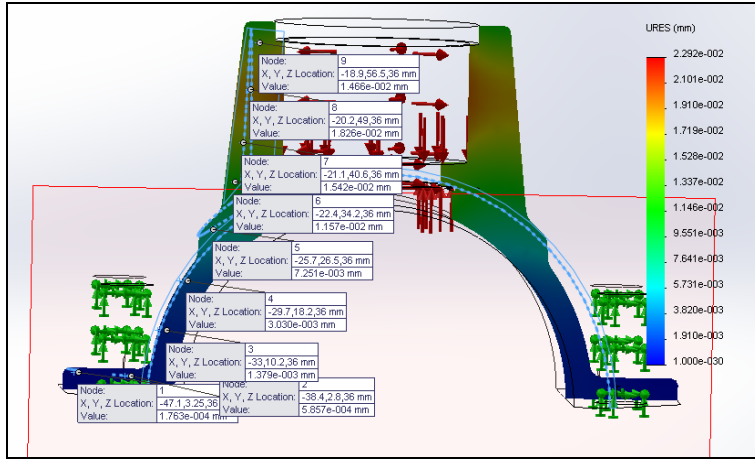
Her bir geometrinin Tablo 2'de analiz sonuçları yer almaktadır. Maksimum gerilme miktarı, deformasyon miktarı, emniyet katsayısı ve ağırlık değişimleri belirlenmiştir. Elastik deformasyon bölgeleri kesit alınarak verilmiştir (Şekil 3-6). Deformasyon oluşan bölgelerdeki geçişler nokta ile işaretlenmiş ve grafiğe dökülmüştür (Şekil 7). Elastik deformasyonun 0,01 mm'den fazla olduğu alanlar gösterilmiştir (Şekil 8-11).

Numune Tipi	Maksimum Gerilme (MPa)	Deformasyon Miktarı (mm)	Emniyet Katsayısı	Ağırlık (g)
(a)	5,5	0,048	5,7	75,3
(b)	3,7	0,022	8,9	65
(c)	4,2	0,031	8,1	67,6
(d)	8,5	0,067	3,9	63,3

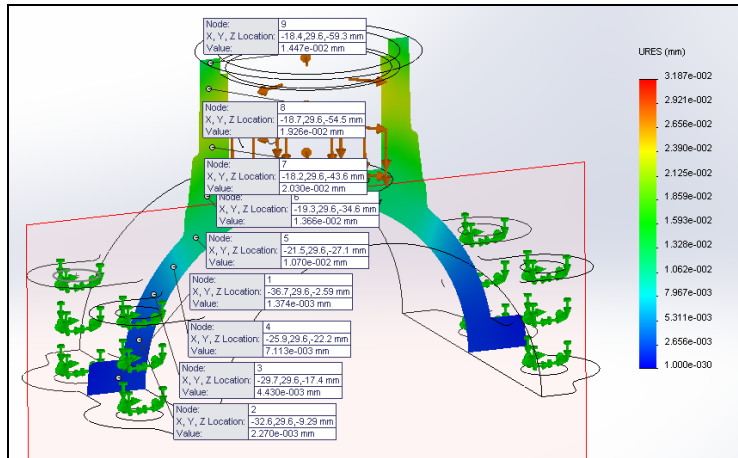
**Tablo.2** Analiz sonuçlarının karşılaştırılması



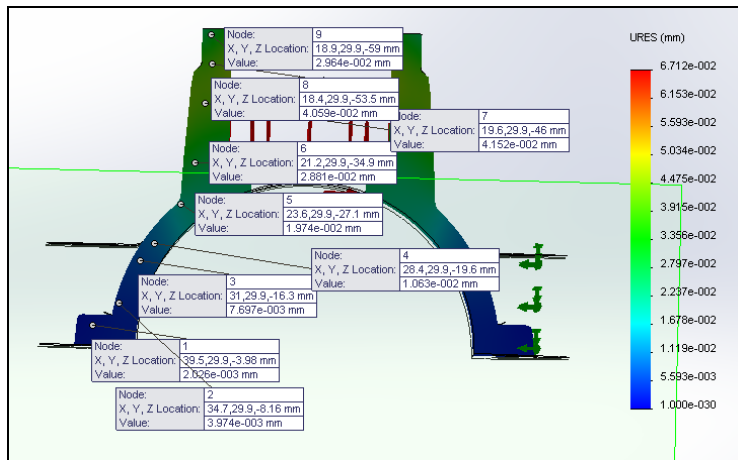
**Şekil 3.** (a) modeli deformasyon miktarı



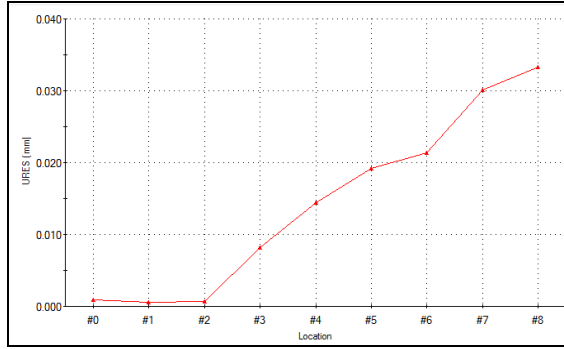
Şekil 4. (b) modeli deformasyon miktarı



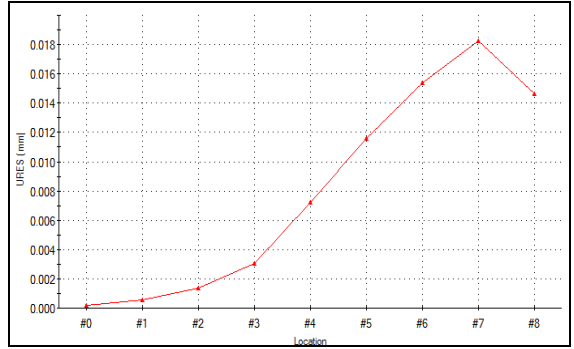
Şekil 5. (c) modeli deformasyon miktarı



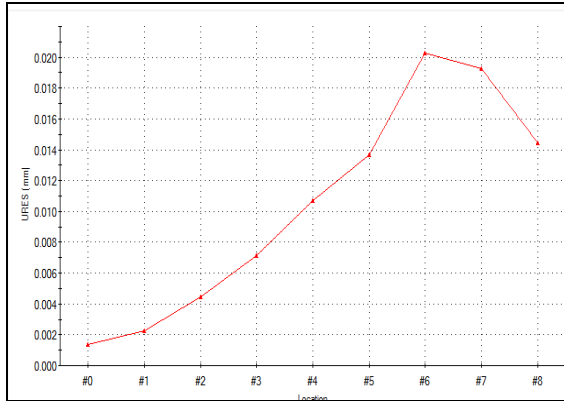
Şekil 6. (d) modeli deformasyon miktarı



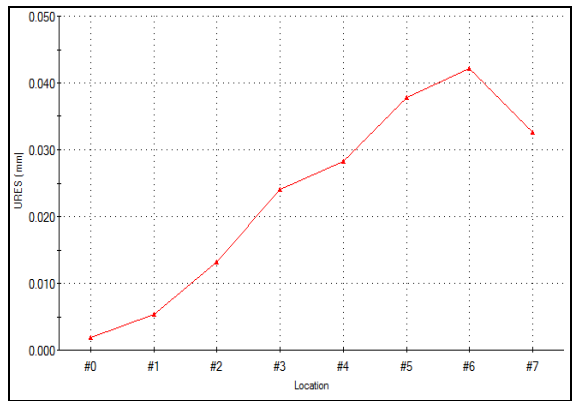
(a)



(b)

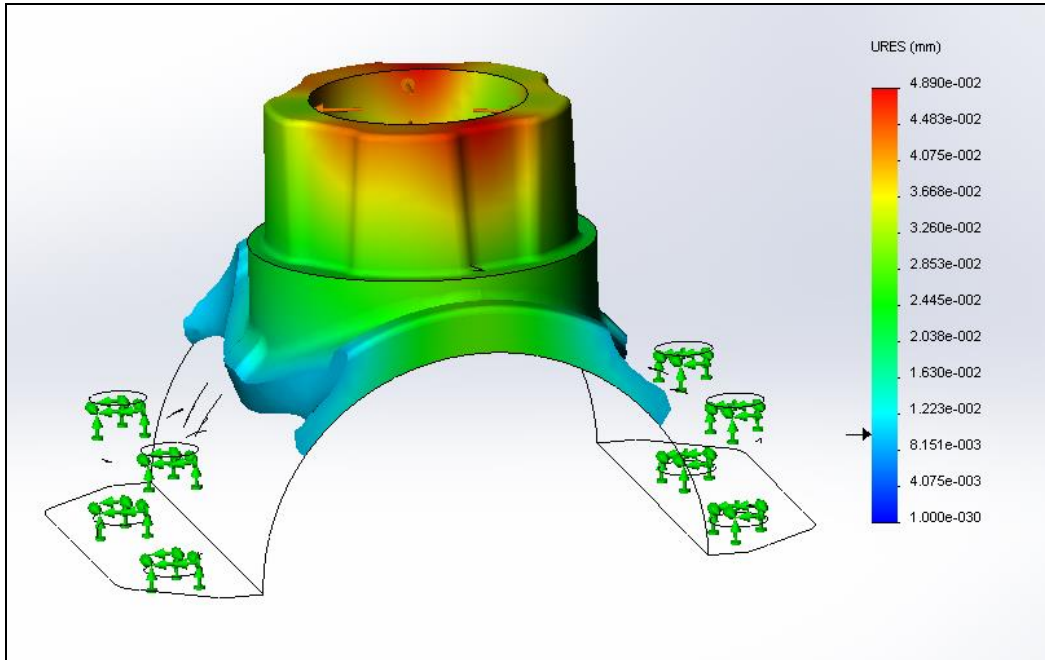


(c)

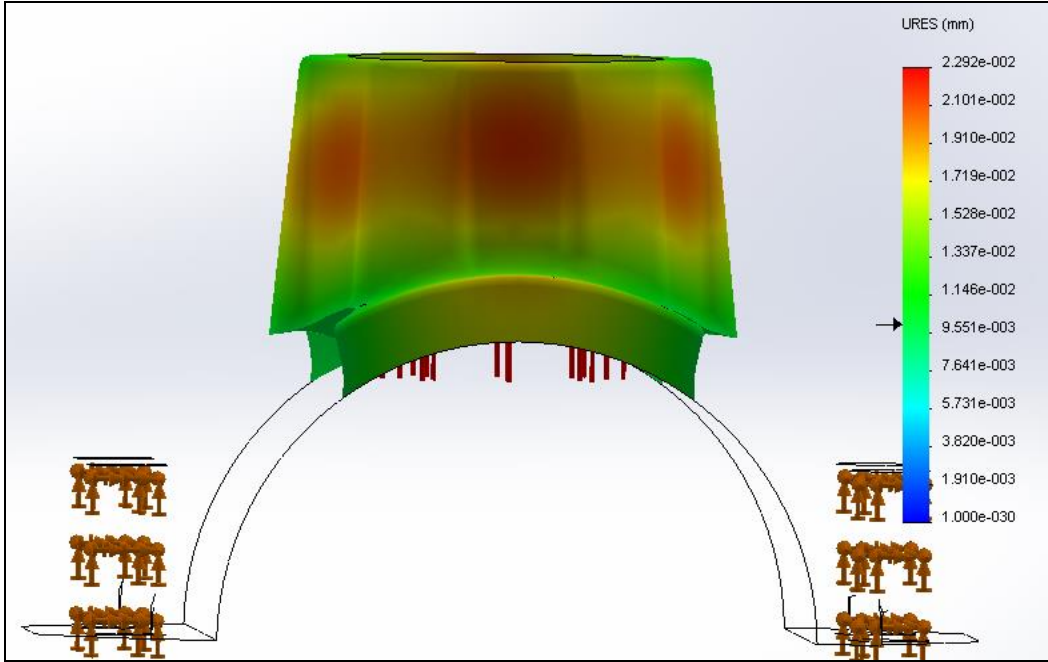


(d)

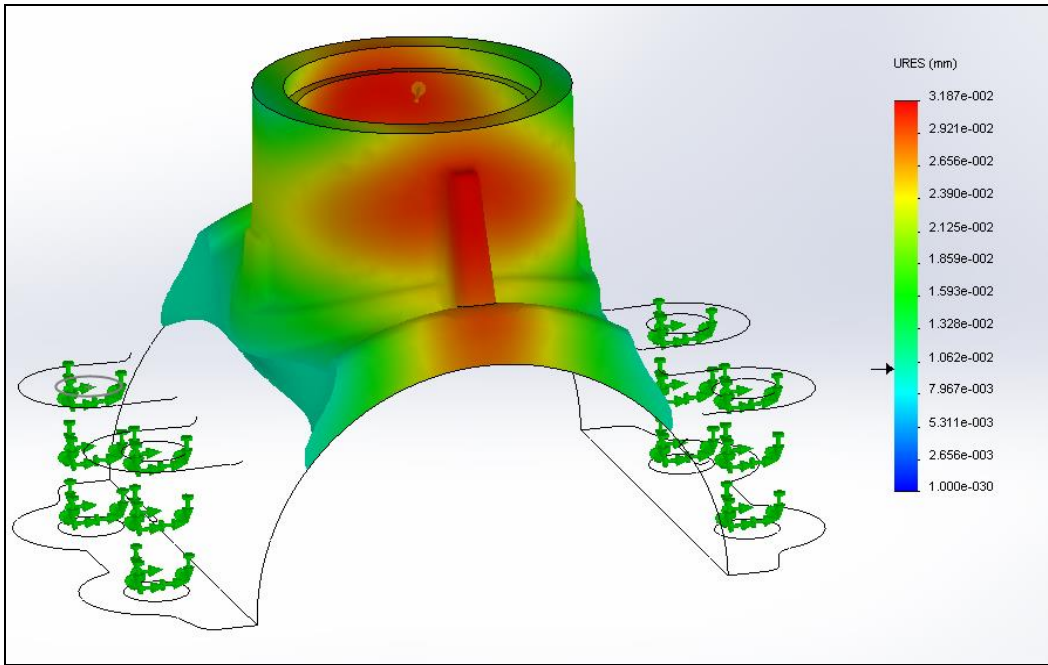
Şekil 7. Sırası ile (a, b, c ve d) her bir modelin nokta konumuna göre deformasyon miktarı dağılımı



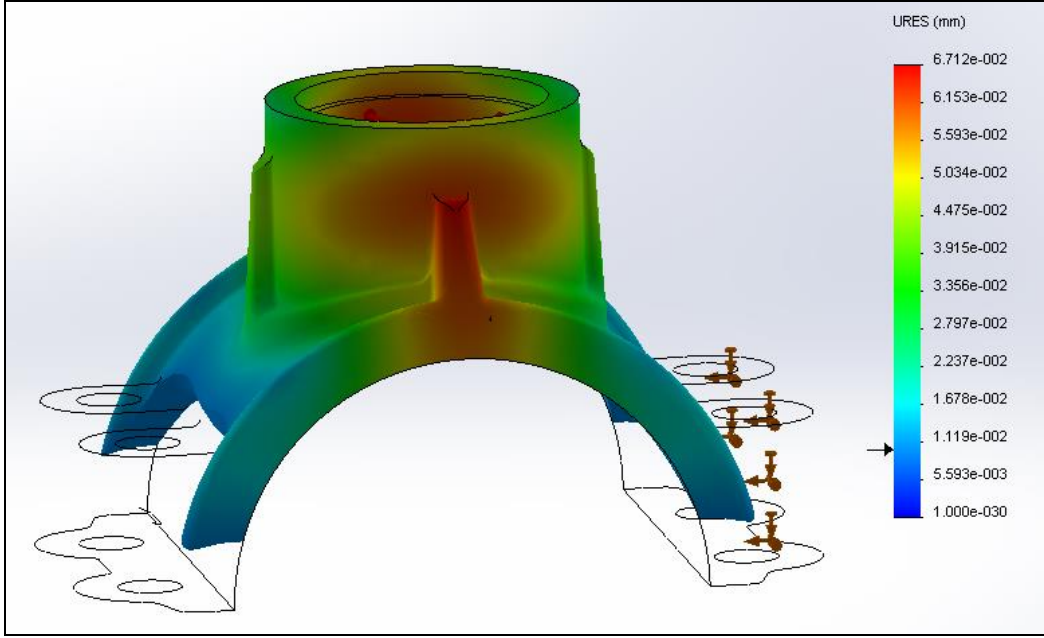
Şekil 8. (a) modeli geometrisinde 0,01 mm'den daha fazla deformasyon miktarına sahip alan



Şekil 9. (b) modeli geometrisinde 0,01 mm'den daha fazla deformasyon miktarına sahip alan



Şekil 10. (c) modeli geometrisinde 0,01 mm'den daha fazla deformasyon miktarına sahip alan



Şekil 11. (d) modeli geometrisinde 0,01 mm'den daha fazla deformasyon miktarına sahip alan

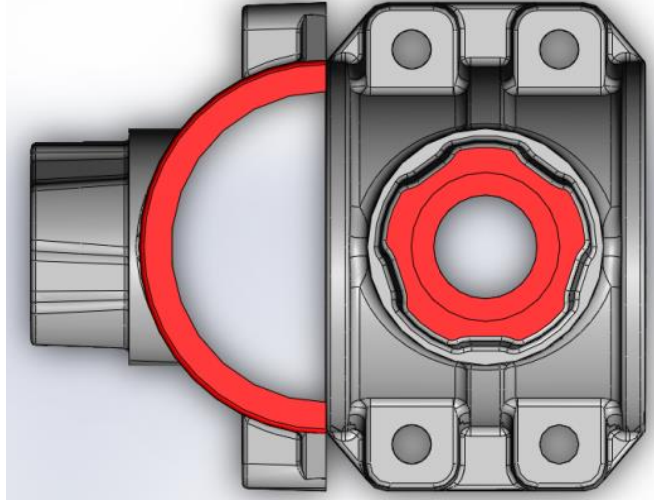
#### 4. Tartışma

Dinamik yükler ve sismik olaylar için plastik boru ve bağlantı elemanlarının dayanımları yüksek lisans tez konusu olarak İstanbul Teknik Üniversitesinde araştırılmıştır (Şendir S., 2005). Boru bağlantı elemanlarında enerji ve basınç kayıpları gibi konularda da çalışmalar mevcuttur (Atılğan ve Öztürk, 1999). Bu çalışmada, literatürde yer alan bu çalışmalardan farklı olarak ilk defa endüstride seri üretimi yapılacak olan bir plastik boru bağlantı elemanının, ideal geometrisinin seçiminde mühendislik, estetik ve üretim gibi parametreler karşılaştırmalı olarak araştırılmıştır.

Ulusal sanayimiz günümüzde Çin malı ürünler ile maliyet yönünden rekabet edemezken, Avrupa ve Amerikan malı ürünlerle de kalite yönünden rekabet edememektedir. Sonlu elemanlar yöntemi ve bilgisayar destekli tasarım programları kullanılarak ucuz maliyetli ve kaliteli yerli ürün için tasarım geometrisinde optimizasyon sağlanmıştır. Ayrıca, bu çalışma ile üniversite-sanayi işbirliği de sağlanmıştır.

Sonuçlar incelendiğinde optimum tasarım olarak (b) tipi tasarım seçilmiştir. Ağırlığı (65 gram) ideal ölçülerde olup, emniyet katsayısı 8,9 ile en fazla olan üründür. Elastik deformasyon miktarı 0,01 mm olan, geometri alanı en küçük olan tasarımdır. Bunun yanında kalıp üretimi geometri şekillerinden dolayı diğer modellerden çok daha zordur. (d) tipi ise, tasarım ağırlığı ve mukavemeti en az olan üründür (63 gram-3,9) ve elastik deformasyon miktarı en fazla olan tasarımdır. 0,01 mm'den fazla elastik deformasyon miktarı vardır ve geometri alanı çok fazladır. Kalıp imalatı (b) tipi tasarıma göre daha kolaydır. (c) tipi tasarım ağırlık/dayanım oranı bakımından incelendiğinde, (b) tasarımından sonra gelmektedir (67,6 gram, 8,1 Emniyet katsayısı). Tasarım geometrisi de estetik değildir. (d) tipi tasarım gibi daha kolay bir kalıp üretimi yapılabilir.

(a) tipi tasarım ağırlığı en fazla olan üründür (75,3 gram). 10 bar basınç için emniyet katsayısı 5,7 olup 50 bar basınca dayanabileceği tahmin edilmektedir. Tasarım geometrisi incelendiğinde ay-yıldız Türk bayrağımıza benzer bir motifin iki adet ürün yan yana yerleştirildiğinde ortaya çıktığı belirlenmiştir (Şekil 12). Satış ve reklam için bu milli simgelerin olumlu etkisi olabileceği düşünülmektedir. Bu tasarım şekli ile üç adet kalıp üretimi yerine tek kalıpta ürün elde etmek için seçilmiştir. Dişlerin enjeksiyon makinesinde çıkartılabileceği bir kalıp üretimi yapılmıştır (Şekil 13). Endüstriyel tasarım patent başvurusu A ve B tip tasarımlar için yapılmıştır.



**Şekil 12.** Ay-yıldız Türk bayrağımızın benzetimi



**Şekil 13.** Çift lokmal kalıp üretimi

## 5. Teşekkür

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

## 6. Kaynaklar

- Atılğan M. ve Öztürk H. K. (1999) Borularda, boru bağlantı elemanlarında ve geçiş borularında enerji kayıpları, 4. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, 547-560.
- Ayhan E. (2003) , Kanca yüzeyi geometrisinin sentetik eğriler ile modellenmesi ve optimizasyon, İstanbul Teknik Üniversitesi, Makine Mühendisliği Yüksek Lisans Tezi
- Balkaya M. ve Sağlamer A. (2011) Moore I. D., Conta bağlantılı PVC boruların deformasyon davranışının laboratuvar deneyleri ile belirlenmesi, İtü Dergisi Cilt: 10-4,153-162.

- Bulgurcu H. ve Özmen G. (2011), Yaygın olarak kullanılan bazı sıhhi tesisat elemanlarındaki basınç kayıplarının kuramsal ve deneysel olarak hesaplanması, 10. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, 1973-1992.
- Çelik H. E. (2004), Peysaj Sulamada Kullanılan Boru Bağlantı Tipleri, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, Cilt: 54-1, 46-67.
- Fetvacı M. C. ve İmrak C. E., (2004), Dış dibi gerilmelerinin analizi için düz dişli çarkların sonlu eleman modellenmesi, Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak., 19-2, 199-203.
- Gpa Plastik (2016), <http://www.gpa.com.tr>
- Gümüş M. (2009), Farklı zeminlerdeki boruların dinamik yükler altında davranışları, İstanbul Teknik Üniversitesi, Makine Mühendisliği, Yüksek Lisans Tezi.
- Karaoğlu S. ve Karaoğlu Ç. (2002), T-bağlantılarda kaynak eşiğindeki gerilme yığılması faktörünün sonlu elemanlar yöntemi ile incelenmesi, DEÜ mühendislik fakültesi fen ve mühendislik dergisi 4-2,107-112.
- Öztürk İ. ve Kaya N. (2008), Otomobil ön tampon çarpışma analizi ve optimizasyonu, Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, 13-1, 119-127.
- Pimtas Plastik (2016), <http://www.pimtasplastik.com.tr>
- Poelsan (2016), Plastik <http://www.poelsan.com>
- Senkron Plastik (2016), <http://www.senkronplastik.com>
- Şelenbaş (2011), Ağır kamyon geometrisinin ve aksesuarlarının aerodinamik tasarım ve optimizasyonu, İstanbul Teknik Üniversitesi, Makine Mühendisliği, Yüksek Lisans Tezi.
- Şendir S. (2005), Zemine gömülü boruların sismik etkiler altındaki davranışı İstanbul Teknik Üniversitesi, Makine Mühendisliği, Yüksek Lisans Tezi.
- Yalçinkaya M. ve Satır B. (2005), Tünellerde oluşan hareketlerin farklı ölçü yöntemleri ve sonlu elemanlar yöntemiyle belirlenmesi, Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, Mühendislik Ölçmeleri STB Komisyonu 2. Mühendislik Ölçmeleri Sempozyumu.



## Bazı İç Mekan Süs Bitkilerinde Klorofil Miktarının Değişimi

### Change in Amount of Chlorophyll in Some Interior Ornamental Plants

Mehmet Cetin

Kastamonu University, Faculty of Engineering and Architecture, Department of Landscape Architecture, Kastamonu/TURKEY

#### ARTICLE INFO

Received: March: 14, 2016

Reviewed: April 2, 2016

Accepted: July 2, 2016

#### Keywords:

Interior space,  
Ornamental Plant,  
Chlorophyll

#### Corresponding Author:

\*E-mail:

mcetin@kastamonu.edu.tr

#### ABSTRACT

The most important in the chlorophyll pigment in plants that provide coloration provides all other necessary for the survival of living oxygen and nutrients to the realization of photosynthesis is produced. In addition, chlorophyll is pigments to give plants for green color. The amount of chlorophyll in plants varies according to many factors, income is the major factor affecting the amount of chlorophyll plant species. Therefore, the average amount of chlorophyll in plants grown under optimum growing conditions is important to know. In this study, indoor ornamental plants used as ornamental plants 13, is determined by measuring the amount of chlorophyll in green leaves are made. major differences demonstrated between the types of chlorophyll content in the study, among the species according to their variance analysis concluded that significant differences in the confidence level of 99.9%, studied according to 13 types Duncan test 8 was determined that collected in homogeneous groups. As a result of *Begonia coccinea* 11.86 ccl in the amount of chlorophyll *Ficus elastica* is the 145.12 ccl, the average amount of chlorophyll in other species has been determined to vary between these two values.

#### ÖZET

#### Anahtar Kelimeler:

İç Mekan,  
Süs Bitkisi,  
Klorofil

Bitkilerde renklenmeyi sağlayan pigmentler içerisinde en önemlisi olan klorofil, diğer tüm canlıların yaşaması için gerekli olan oksijen ve besin maddelerinin üretildiği fotosentez olayının gerçekleşmesini sağlar. Bunun yanında klorofil, bitkilere yeşil rengi veren pigmenttir. Bitkilerde klorofil miktarı pek çok faktöre göre değişmekle birlikte, klorofil miktarını etkileyen faktörlerin başında bitki türü gelir. Bundan dolayı optimum yetiştirme koşullarında yetişen bitkilerde ortalama klorofil miktarının bilinmesi önem taşımaktadır. Bu çalışmada iç mekan süs bitkisi olarak kullanılan 13 adet süs bitkisinde, yeşil yapraklarda ölçümler yapılarak klorofil miktarları belirlenmiştir. Çalışma sonucunda klorofil miktarının türler arasında büyük farklılıklar gösterdiği, Varyans analizi sonuçlarına göre türler arasında %99,9 güven düzeyinde anlamlı farklılıklar bulunduğu, çalışılan 13 türün Duncan testi sonuçlarına göre 8 homojen grupta toplandığı belirlenmiştir. Çalışma sonucunda *Begonia coccinea* da 11,86 ccl olan klorofil miktarının *Ficus elastica* da 145,12 ccl olduğu, diğer türlerde ortalama klorofil miktarının bu iki değer arasında değiştiği belirlenmiştir.



## 1. Giriş

Bitkilerde renklenmeyi pigmentler sağlamakta olup pigmentler; klorofiller, karotenoidler, fikobilinler, flavonoidler, betalainler ve betasiyaninler şeklinde gruplandırılmaktadır (Karakurt ve Aslantaş, 2008). Bu pigmentler içerisinde en önemlisi olan klorofil, fotosentez olayının gerçekleşmesini sağlar. Fotosentez, klorofil taşıyan canlılarda ışık enerjisi kullanılarak organik bileşiklerin üretilmesi olayıdır. Fotosentez için klorofil ile birlikte güneşe ihtiyaç duyulmaktadır. Klorofil ışık enerjisini absorbe eder ve kimyasal enerjiye çevirir (Yakar ve Bilge, 1987). Böylece klorofil diğer tüm canlıların yaşaması için gerekli olan oksijen ve besin maddelerinin üretildiği fotosentez olayının gerçekleşmesini sağlar.

Fotosentez yapan bitkiler buldukları ortamda pek çok fonksiyonu yerine getirirler; Bitkiler buldukları ortamda hava kirliliğini azaltır (Papinchak vd., 2009; Tani ve Hewitt, 2009; Yang vd., 2009; Cetin ve Sevik 2016; Sevik vd., 2015; Cetin 2016a), gürültüyü azaltır (Yigit vd., 2014), psikolojik olarak olumlu yönde etkiler (Cetin vd., 2010; Cetin, 2015a; Cetin, 2015b; Cetin, 2016a), enerji tasarrufu sağlar (Cetin, 2015c, Cetin 2015d; Cetin ve Sevik 2016), önemli bir ekonomik kaynaktır (Sevik, 2011; Sevik, 2012), erozyonu önler (Turna ve Guney, 2009), rüzgarın hızını azaltır, toprağı kökleri ile tutarak yağışların ve akarsuların toprağı taşımalarını önler, yaban hayatı ve av kaynaklarını korur. Bitkilerin bulunduğu açık yeşil alanlar hem yetişkinler hem de çocuklar için önemli aktivite alanlarıdır (Cetin, 2016b; Cetin 2016c; Cetin 2016d).

Ayrıca, iç mekanlarda bulunan bitkiler, bu alanlarda çalışan insanların verimliliği artırır (Djukanovic, 2002), kişileri psikolojik olarak rahatlatır, stres ve olumsuzluk duygularını azaltır (Lohr, 1996; Chang ve Chen, 2005; Burchett vd., 2014). Bunlara ek olarak bitkiler buldukları ortama estetik değer katar ve bitkilerde renk özellikle estetik amaçlı kullanımlarda oldukça önemlidir. Farklı renklerdeki yapraklar kadar, farklı tonlardaki yeşil renge sahip bitkiler de estetik amaçlı kullanımlarda önem taşır. Bitkilere yeşil rengi veren klorofilin miktarı bu noktada da önem taşır.

Bu çalışmada bazı iç mekan bitkilerindeki klorofil miktarının değişimi tür bazında belirlenmiştir. Çalışma kapsamında seçilen 13 adet tür üzerinde yeşil yapraklarda ölçümler yapılarak klorofil miktarı belirlenmiş ve yapılan istatistiki analizler ile sonuçlar değerlendirilmiştir.

## 2. Materyal ve Metot

Çalışmanın amacı, yapraklarda klorofil miktarının değişiminin bitki türüne bağlı olarak belirlenmesidir. Bu amaçla çalışma, iç mekan bitkisi olarak sıklıkla kullanılan; *Diffenbachia anoena*, *Dracena marginata*, *Ficus elastica*, *Yucca massengena*, *Schefflera arboricola*, *Yucca elephantipes*, *Sanseveria trifasciata*, *Viola tricolor*, *Begonia coccinea*, *Orchide dendrobium*, *Ficus benjamina*, *Spathiphyllum floribundum* ve *Anthurium andraeanum* üzerinde gerçekleştirilmiştir.

Ölçümler her bir birey üzerinde, yaprakların orta kısmında, damar bulunmayan alanlarda olmak üzere 10 tekrarlı olarak gerçekleştirilmiştir. Ölçümler Apogee CCM-200 marka klorofilmetre ile gerçekleştirilmiş ve Chlorophyll Concentration Index (cci) biriminde sonuçlar elde edilmiştir.

Çalışma sonucunda her bir tür için minimum, maksimum ve ortalama klorofil miktarı değerleri belirlenmiş ve ayrıca standart sapmalar hesaplanmıştır. Sonuçlar grafik şeklinde gösterilmiş ayrıca, verilere Varyans analizi ve Duncan testi uygulanarak türlerin klorofil miktarı bakımından farklılıkları istatistiki olarak hesaplanmış ve sonuçlar yorumlanmıştır.

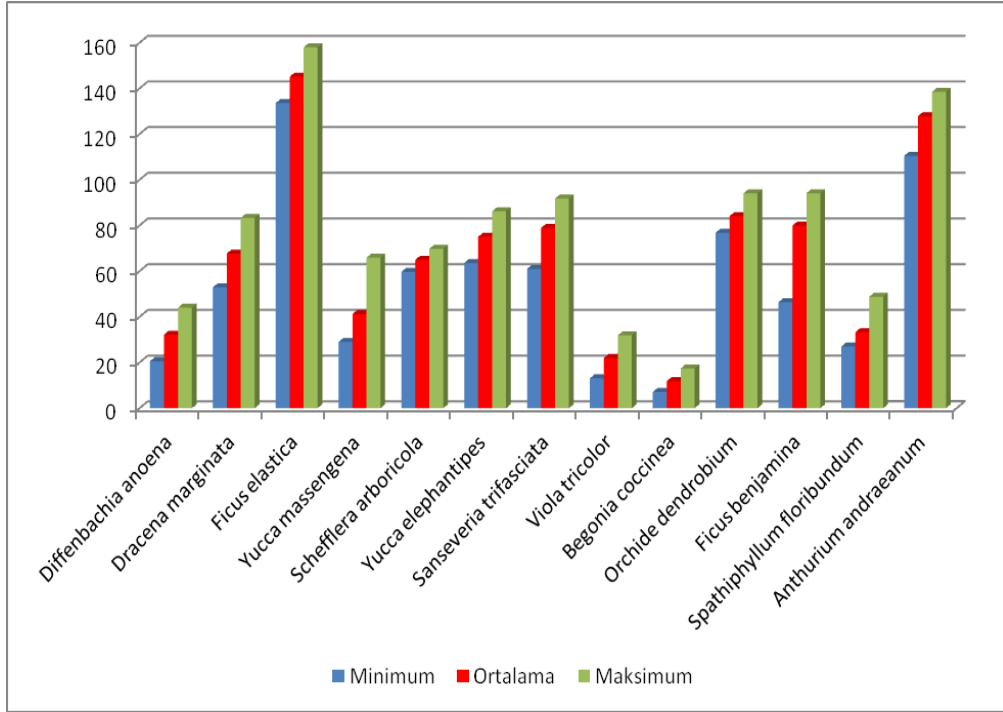
## 3. Sonuçlar ve Tartışma

Yapılan ölçümlere göre tür bazında en yüksek, en düşük ve ortalama değerler ile standart sapma değerleri Tablo 1.'de verilmiştir.

**Tablo 1.** Türlerin Klorofil Miktarları

<b>Tür</b>	<b>Minimum</b>	<b>Maksimum</b>	<b>Ortalama</b>	<b>Standart sapma</b>
<i>Diffenbachia anoena</i>	20,6	44,0	32,2	9,98
<i>Dracena marginata</i>	52,9	83,3	67,74	11,74
<i>Ficus elastica</i>	133,6	158,0	145,12	8,56
<i>Yucca massengena</i>	29,0	65,9	41,24	14,52
<i>Schefflera arboricola</i>	59,7	69,8	65,0	3,66
<i>Yucca elephantipes</i>	63,6	86,2	75,08	8,32
<i>Sanseveria trifasciata</i>	61,0	91,8	78,92	12,00
<i>Viola tricolor</i>	13,1	31,9	21,98	8,39
<i>Begonia coccinea</i>	7,1	17,4	11,86	4,20
<i>Orchide dendrobium</i>	76,8	94,1	84,10	7,74
<i>Ficus benjamina</i>	46,4	94,1	79,94	19,02
<i>Spathiphyllum floribundum</i>	27,0	48,8	33,26	8,97
<i>Anthurium andraeanum</i>	110,5	138,5	127,92	10,81
<b>Ortalama</b>	<b>53,95</b>	<b>66,49</b>	<b>78,75</b>	<b>9,84</b>

Tablo değerleri incelendiğinde ortalama değerlerin 11,86 ccl ile 145,12 ccl arasında değiştiği, en düşük değer *Begonia coccinea* da, en yüksek değer ise *Ficus elastica* da ölçüldüğü görülmektedir. Çalışmada değerlendirilen türlerin ortalama klorofil miktarı 78,75 ccl olarak hesaplanmıştır. Çalışılan türlerden *Ficus elastica*, *Sanseveria trifasciata*, *Orchide dendrobium*, *Ficus benjamina* ve *Anthurium andraeanum* bu değer üzerinde ortalama değerlere sahipken diğer türler bu değer altında klorofil değerine sahiptir. Tablo 1'deki verilerin daha rahat değerlendirilebilmesi amacıyla Tablo 1'deki verilere bağlı kalınarak hazırlanan ve türlerin ortalama, minimum ve maksimum klorofil miktarlarını gösteren grafik Şekil 1'de verilmiştir.



Şekil 1. Türlerin Klorofil Miktarları

Çalışmada çalışılan türler arasında klorofil miktarı açısından bir farklılık olup olmadığını belirlemek amacıyla verilere Varyans analizi uygulanmış ve sonuçları Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 2. Varyans analiz sonuçları

	Kareler Toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler Ortalaması	F	Hata
Gruplar Arası	185625,885	12	15468,824	138,167	,000
Gruplar İçi	13099,000	117	111,957		
Toplam	198724,885	129			

Tablo 2’de görüldüğü üzere türler arasında klorofil miktarı bakımından, istatistiki olarak %99,9 güven seviyesinde anlamlı farklılıklar bulunmaktadır. Türlerin klorofil miktarı bakımından nasıl gruplandırıldığını belirlemek amacıyla verilere Duncan testi uygulanmış ve sonuçları Tablo 3’de verilmiştir.

Tablo 3. Duncan testi sonuçları

Türler	Gruplar							
	1	2	3	4	5	6	7	8
<i>Begonia coccinea</i>	11,86							
<i>Viola tricolor</i>		21,98						
<i>Diffenbachia anoena</i>			32,20					
<i>Spathiphyllum floribundum</i>			33,26					
<i>Yucca massengena</i>			41,24					
<i>Schefflera arboricola</i>				65,00				
<i>Dracena marginata</i>				67,74	67,74			
<i>Yucca elephantipes</i>					75,08	75,08		
<i>Sanseveria trifasciata</i>						78,92		
<i>Ficus benjamina</i>						79,94		
<i>Orchide dendrobium</i>						84,10		
<i>Anthurium andraeanum</i>							127,92	
<i>Ficus elastica</i>								145,12

Duncan testi sonuçları incelendiğinde türlerin 8 homojen grupta toplandığı, *Begonia coccinea* nın birinci, *Viola tricolor* un ikinci, *Anthurium andraeanum* un yedinci ve *Ficus elastica* nın sekizinci homojen grupları tek başlarına oluşturdukları görülmektedir. *Dracena marginata* dördüncü ve beşinci homojen grupta, *Yucca elephantipes* ise beşinci ve altıncı homojen grupta yer almaktadır. Bunların dışındaki diğer bütün türler sadece bir homojen grup içerisinde yer almıştır. En fazla türün bulunduğu homojen gruplar ise *Yucca elephantipes*, *Sanseveria trifasciata*, *Ficus benjamina* ve *Orchide dendrobium* nın oluşturduğu altıncı homojen grup ile, *Diffenbachia anoena*, *Spathiphyllum floribundum* ve *Yucca massengena* nın oluşturduğu üçüncü homojen gruptur.

#### 4. Sonuçlar

Çalışma sonuçları klorofil miktarının türler arasında önemli ölçüde değişiklik gösterdiğini hatta ortalama değerler arasında 10 kattan fazla fark bulunabildiğini göstermektedir. Yapraklardaki klorofil miktarının pek çok çevresel faktörden etkilenerek değişiklik gösterdiği bilinmektedir. Yapraklardaki klorofil miktarı bitki türü ve yaprağın şekli başta olmak üzere pek çok çevresel faktörden etkilenerek değişiklik göstermektedir (Gond vd., 2012; Sevik vd., 2014, Sevik vd., 2013;

Kopsell vd, 2005). Farklı gölge koşullarının yapraklardaki klorofil üzerindeki etkileri pek çok çalışmada ortaya konulmuştur. Johnston ve Onwueme (1998) patates, Dai vd., (2009) *Tetrastigma hemsleyanum*, Khan vd. (2000) *Pinus ponderosa*, *Pseudotsuga menziesii*, *Thuja plicata* ve *Tsuga heterophylla*, Güneş ve İnal (1995) *Triticum aestivum* L., Sevik vd., (2012) bazı peyzaj bitkileri üzerinde yaptıkları çalışmalarda gölgelemeye bağlı olarak klorofil miktarının değişimini ortaya koymuşlardır.

Bitkilerdeki klorofil içeriğinin magnezyum (Çelebi vd., 2011), demir (Güneş vd, 1997), humik asit (Güneş vd, 1997), azot (Tunalı vd, 2012) civa, bakır, kadmiyum ve kurşun (Zengin, 2007) ile ilişkili olduğu belirlenmiştir. Bunun yanında yapraklardaki korofil miktarının ışık miktarı ile bağlantılı olduğu yapılan çalışmalarda ortaya konulmuştur (Johnston ve Onwueme, 1998; Sevik vd., 2012; Dai vd., 2009; Khan vd., 2000).

Klorofil içeriği; bitki türü, ışık miktarı, bitkinin beslenme durumu gibi faktörlerin yanında ayrıca genetik yapıya bağlı olarak da değişmektedir (Taner ve Sade, 2005). Dolayısıyla klorofil miktarı türler arasında farklılık gösterdiği gibi tür içinde de farklılıklar gösterebilir (Criado vd. 2007; Canova vd. 2008). Bunların yanında poliploid bitkilerin klorofil miktarı daha fazla olduğundan yaprakları koyu yeşil renklidir ve bu bitkilerin fotosentez potansiyelleri de diploidlere göre fazladır (Tepe vd., 2002). Bitkilerde yeni oluşan yapraklarda henüz yeterince klorofil bulunmadığı, bundan dolayı bu yaprakların açık yeşil renkli olduğu, yaprak olgunlaştıkça klorofil miktarının arttığı ve buna paralel olarak renginin koyulaştığı, dolayısıyla bitkilerdeki klorofil miktarının vejetasyon dönemi içerisinde zamana bağlı olarak da değişiklik gösterdiği belirtilmektedir (Zavoruev ve Zavorueva, 2002; Sevik vd., 2013).

Bu faktörlerin yanında bitkilerde klorofil miktarı; kuraklık stresi (Kulaç, 2010; Aguero vd., 2008), tuz stresi (Yılmaz vd., 2012; Acar vd., 2011), hava kirliliği (Elkoca, 2003) vb. faktörlere bağlı olarak da değişiklik göstermektedir.

Pratik olarak kısa bir süre içerisinde yapılabilen klorofil miktarının tayini, uygulamada pek çok alanda kullanılabilir. Bitkinin soğuğa toleransının belirlenmesi (Perks vd., 2004; Rose ve Haase, 2002). su stresinin belirlenmesi (Demirel vd., 2010), ozon zararının tespiti (Knudson 1977) bu uygulama alanlarından bazılarıdır. Ancak, klorofil miktarını etkileyen pek çok faktör bulunmaktadır ve bundan dolayı klorofil miktarının uygulamada etkin olarak kullanımı için bu konudaki çalışmaların artırılarak ve çeşitlendirilerek devam etmesi gerekmektedir.

## 5. Kaynaklar

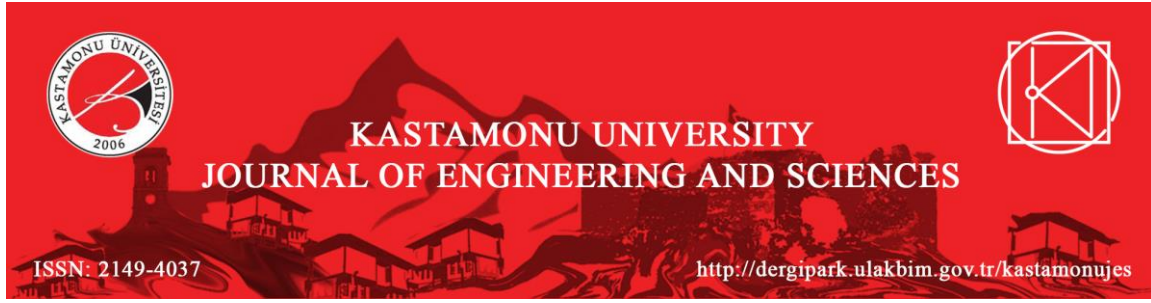
- Acar, R., Yorgancılar, M., Atalay, E., Yaman, C. 2011. Farklı Tuz Uygulamalarının Bezelyede (*Pisum sativum* L.) Bağlı Su İçeriği, Klorofil ve Bitki Gelişimine Etkisi, Selçuk Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi, 25 (3) pp 42-46
- Aguero, M.V., Barg, M.V, Yommi, A., Camelo, A., Roura, S.I., 2008. Postharvest Changes in Water Status and Chlorophyll Content of Lettuce (*Lactuca Sativa* L.) and Their Relationship With Overall Visual Quality. Journal of Food Science, 73 (1) pp 47-55.
- Burchett, M., Torpy, F., Brennan, J., Craig, A. 2014. The influence of office plants in reducing feelings of stress and negativity in building occupants. (basım aşamasında).
- Canova I., Durkovic J., Hladka D. 2008. Stomatal and chlorophyll fluorescence characteristics in European beech cultivars during leaf development. Biologia Plantarum. 2008; 52 (3): 577-581.
- Chang C, Chen P. 2005. Human response to window views and indoor plants in the workplace. HortScience. 2005; 40: 1354-1359.
- Criado MN., Motilva MJ., Goni M., Romero MP. 2007. Comparative study of the effect of the maturation process of the olive fruit on the chlorophyll and carotenoid fractions of drupes and virgin oils from Arbequina and Farga cultivars, Food Chemistry. 2007; 100. 748-755
- Cetin M, Topay M, Kaya LG, Yılmaz B. 2010. Efficiency of bioclimatic comfort in landscape planning process: case of Kutahya. Turkish Journal of Forestry, 1 (1), 83-95

- Cetin M. 2015a. Chapter 55: Using Recycling Materials for Sustainable Landscape Planning. Environment and Ecology at the Beginning of 21st Century. Ed.: Prof. Dr. Recep Efe, Prof. Dr. Carmen Bizzarri, Prof. Dr. İsa Cürebal, Prof. Dr. Gulnara N. Nyusupova, ST. Kliment Ohridski University PRESS, Sofia; 2015a. p. 783-788, ISBN: 978-954-07-3999-1.
- Cetin M. 2015b. Determining the bioclimatic comfort in Kastamonu City. Environmental Monitoring and Assessment. 2015b; 187 (10): 640. DOI: 10.1007/s10661-015-4861-3
- Cetin M. 2015c. Evaluation of the sustainable tourism potential of a protected area for landscape planning: a case study of the ancient city of Pompeipolis in Kastamonu. International Journal of Sustainable Development & World Ecology. 2015c; 22 (6): 490-495. DOI: 10.1080/13504509.2015.1081651
- Cetin M. 2015d. Consideration of permeable pavement in landscape architecture. Journal of Environmental Protection and Ecology, 16(1), 385-392
- Cetin M. 2016a. A Change in the Amount of CO<sub>2</sub> at the Center of the Examination Halls: Case Study of Turkey. Studies on Ethno-Medicine, 10(2), 146-155
- Cetin M. 2016b. Sustainability of Urban Coastal Area Management: A Case Study on Cide,” Journal of Sustainable Forestry, 2016, 35 (7), 527–54
- Cetin M. 2016c. Changes in the amount of chlorophyll in some plants of landscape studies. Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi 16 (1), 239-245
- Cetin M. 2016d. Determination of bioclimatic comfort areas in landscape planning: A case study of Cide Coastline, Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology 4 (9), 800-804
- Cetin M, Sevik H. 2016. Measuring the Impact of Selected Plants on Indoor CO<sub>2</sub> Concentrations. Polish Journal of Environmental Studies, 25(3), 973-979
- Çelebi ŞZ, Arvas Ö, Çelebi R., Yılmaz İH. 2011. Assessment as Establishing Fertilizer of Biosolid in a Sod Establishment with Creeping Red Fescue (*Festuca rubra* var. *rubra*). Ekoloji. 2011; 20, 78, 18-25 (Turkish)
- Dai, Y., Shen, Z., Liu, Y., Wang, L., Hannaway, D., Lu, H. 2009. Effects of shade treatments on the photosynthetic capacity, chlorophyll fluorescence, and chlorophyll content of *Tetrastigma hemsleyanum* Diels et Gilg, Environmental and Experimental Botany, 65(2-3) pp 177-182
- Demirel, K., Genç, L., Çamoğlu, G., Aşık, Ş. 2010. Assessment of water stress using Chlorophyll readings and leaf water content for Watermelon, Journal of Tekirdag Agricultural Faculty, 7(3), pp 155-162
- Djukanovic R, Wargocki P, Fanger P O. 2002. Cost-benefit analysis of improved air quality in an office building. Proceedings: Indoor Air. 2002; 808-813.
- Elkoca, E. 2003. Air Pollution and Its Effects on Plants, Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Derg. 34 (4), pp 367-374
- Gond, V., DePury, DGG, Veroustraete, F., Ceulemans, R. 2012. Seasonal Variations in Leaf Area Index, Leaf Chlorophyll, and Water Content; Scaling-up to Estimate fAPAR and Carbon Balance in a Multilayer, Multispecies Temperate Forest, Tree Physiology, 19, pp 673-679
- Güneş, A., İnal, A. 1995. The Effect of Foliar Applied Glucose on The Yield and Chlorophyll Content of Wheat (*Triticum aestivum* L.) Grown At Different Photoperiods, Pamukkale University Engineering College Journal of Engineering Science, 1,1 pp 69-72 Ankara
- Güneş A, Alparslan M, İnal A., Samet H., Erdal İ. 1997. The effect of humic acid on the utilization of iron from stack Filter wastes of ereğlı iron and steel smelting plant by Penaut (*Arachis hypogea* L.). Pamukkale University Engineering College Jour. of. Eng. Sci. 1997; 3 (2). 371-375 (Turkish)
- Johnston, M., Onwueme, IC. 1998. Effect of Shade On Photosynthetic Pigments in The Tropical Root Crops: Yam, Taro, Tannia, Cassava and Sweet Potato, E+xperimental Agriculture, 34(03), pp 301-312
- Karakurt, H., Aslantaş, R. 2008. Bitki Renk Maddelerinin (Pigmentler) Oluşum ve Değişim Fizyolojisi, Alatarım, 7(2), 34-41
- Khan, SR., Rose, R., Haase, DL., Sabin, TE. 2000. Effects of Shade on Morphology, Chlorophyll Concentration and Chlorophyll Fluorescence of Four Pacific Northwest Conifer Species, New Forests, 19 pp 171-186

- Knudson L.L., Tibbitts T.W., Edward G.E. 1977. Measurement of Ozone Injury by Determination of Chlorophyll Concentration. *Plant Physiology*. 60 pp 606-608.
- Kopsell DA, Kopsell DE., Curran-Celentano J. 2005. Carotenoid and chlorophyll pigments in sweet basil grown in the field and greenhouse, *Hortscience*. 2005; 40(5), 1230-1233
- Kulaç, Ş. 2010. Kuraklık Stresine Maruz Bırakılan Sarıçam (*Pinus Sylvestris* L.) Fidanlarında Bazı Morfolojik Fizyolojik ve Biyokimyasal Değişimlerin Araştırılması, (Doktora Tezi), Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, (2010).
- Lohr VI, Pearson-Mims CH, Goodwin GK. 1996. Interior plants may improve worker productivity and reduce stress in a windowless environment. *Journal of Environmental Horticultural*. 1996; 14: 97-100.
- Papinchak H, Holcomb EJ, Orendovici BT, Decoteau, DR. 2009. Effectiveness of houseplants in reducing the indoor air pollutant ozone. *HortTechnology*. 2009; 19 (2): 286-290.
- Perks, MP., Osborne, BA., Mitchell, DT. 2004. Rapid predictions of cold tolerance in Douglas-fir seedlings using chlorophyll fluorescence after freezing, *New Forests*, 28(1), pp 49-62
- Rose, R., Haase, D., 2002. Chlorophyll Fluorescence and Variations in Tissue Cold Hardiness in Response to Freezing Stress in Douglas-Fir Seedlings, *New Forests*, 23 (2), pp 81-96
- Sevik, H., 2011. Dallanma Karakterleri Bakımından Noel Ağacı Üretimine Uygun Uludağ Göknarı Populasyonlarının Belirlenmesi, *Kastamonu Üniversitesi, Orman Fakültesi Dergisi*, 11 (1): s. 102-107, Kastamonu.
- Sevik, H. 2012. Variation in seedling morphology of Turkish fir (*Abies nordmanniana* subsp. *bornmulleriana* Mattf), *African Journal of Biotechnology* Vol. 11(23), pp. 6389-6395, 20 March.
- Sevik, H., Guney, D., Karakas, H., Aktar G. 2012. Change to amount of chlorophyll on leaves depend on insolation in some landscape plants, *International Journal of Environmental Sciences*, Volume 3, No 3, p:1057-1064
- Sevik, H., Karakaş, H., Karaca Ü. 2013. Color - Chlorophyll relationship of some indoor ornamental plant, *International Journal of Engineering Science & Research Technology*, 2 (7), p:1706-1712
- Sevik, H., Belkayalı, N., Aktar G. 2014, Change of Chlorophyll amount in some landscape Plants, *Journal of Biotechnological Sciences*, 2(1), 10-16
- Sevik H, Cetin M, Belkayali N. 2015. Effects of forests on amounts of CO<sub>2</sub>: case study of Kastamonu and Ilgaz Mountain National Parks. *Polish Journal of Environmental Studies*. 2015; 24 (1): 253-256.
- Tani A, Hewitt CN. 2009. Uptake of aldehydes & ketones at typical indoor concentrations by houseplants. *Environmental Science and Technology*. 2009; 43 (21): 8338–8343.
- Turna İ, Güney D. 2009. Altitudinal variation of some morphological characters of Scots Pine (*Pinus sylvestris* L.) in Turkey. *African Journal of Biotechnology*. 2009; 8 (2): 202-208.
- Taner S and Sade B, 2005. Low temperature effect of cereal (A review), *Journal of Crop Research*. 2005; 2. 19-28
- Tepe Ş, Ellialtıoğlu Ş, Yenice N, Tıprıdamaz, R. 2002. Obtaining Poliploid Mint (*Mentha longifolia* L.) Plants with In Vitro Colchicine Treatment. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*. 2002; 15(2),63-69 (Turkish)
- Tunalı, MM., Çarpıcı, EB., Çelik, N. 2012. Effects of different Nitrogen rates on Chlorophyll Content, Leaf area index and grain yield of some maize cultivars, *Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi* 5 (1) pp 131-133
- Yang, D. S., Pennisi, S. V., Son, K-C., Kays, S. J., 2009. Screening indoor plants for volatile organic pollutant removal efficiency', *HortScience*, 44(5), 1377-1381.
- Yakar, N., Bilge, E., 1987. Fotosentez, Genel Botanik, İstanbul Üniversitesi, Fen Fakültesi Yayınları, ISBN:975-404-016-8, İstanbul.
- Yigit N, Öztürk A, Sevik H. 2014. Ecological impact of urban forests (Example of Kastamonu urban forest). *International Journal of Engineering Sciences & Research Technology*. 2014; 3 (12): 558-562.

- Yılmaz E, Tuna AL, Bürün B. 2012. Tolerance Strategies Developed by Plants To The Effects of Salt Stres, C.B.U. Journal of Science. 2012; 7.1, 47–66 (Turkish)
- Zavoruev, VV., Zavorueva, EN. 2002. Changes in the Ratio Between the Peaks of Red Chlorophyll Fluorescence in Leaves of *Populus balsamifera* During Vegetation, Doklady Biochemistry and Biophysics, 387 pp 1-6
- Zengin FK. 2007. Effects of Some Heavy Metals on Pigment Content in Bean (*Phaseolus vulgaris* L. cv. Strike) Seedlings, KSU Journal of Science and Engineering. 2007;10(2). 6-12. (Turkish)





## Effects of Micro Steel Fiber and Quartz Sand on the Compressive Failure of High Performance Concrete

Abdussamet ARSLAN, Duygu DEMİRTÜRK\*

<sup>1</sup> Gazi Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Ankara/TÜRKİYE

<sup>2\*</sup> Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Ankara/TÜRKİYE

### ARTICLE INFO

Received: November:17.2016

Reviewed: November:30.2016

Accepted: April: 07.2017

#### Keywords:

High Performance Concrete

Quartz Sand

Micro Steel Fiber

Strength

#### Corresponding Author:

\*E-mail: duygudmtrk@gmail.com

### ABSTRACT

Developments in materials and production technology have made it possible to produce high performance concrete with high durability as well as high strength. Silica fume, new generation superplasticizer, fine grained aggregates which are used for high performance concrete improve the particle packing density because of the homogeneous particle packing of the mixtures. High compressive strength is obtained thanks to high particle packing density, in other words, the dense matrix. In accordance with this purpose of the study, CEM I 52,5 R white cement, silica fume, quartz sand, silica sand, new generation superplasticizer, micro steel fiber and water have been used to produce high performance concrete. In the prepared samples, %10, %15 and %20 quartz sand and %0, %1, %2 and %3 micro steel fiber contents were used while the amounts of other materials were kept constant. As a result of this study, the effects of different rates of micro steel fiber on the compressive failure with different quartz sand contents were investigated.

## Mikro Çelik Lif ve Kuvars Kumunun Yüksek Performanslı Betonların Basınç Kırılmasına Etkileri

### ÖZET

#### Anahtar Kelimeler:

Yüksek Performanslı Beton

Kuvars Kumu

Mikro Çelik

Dayanım

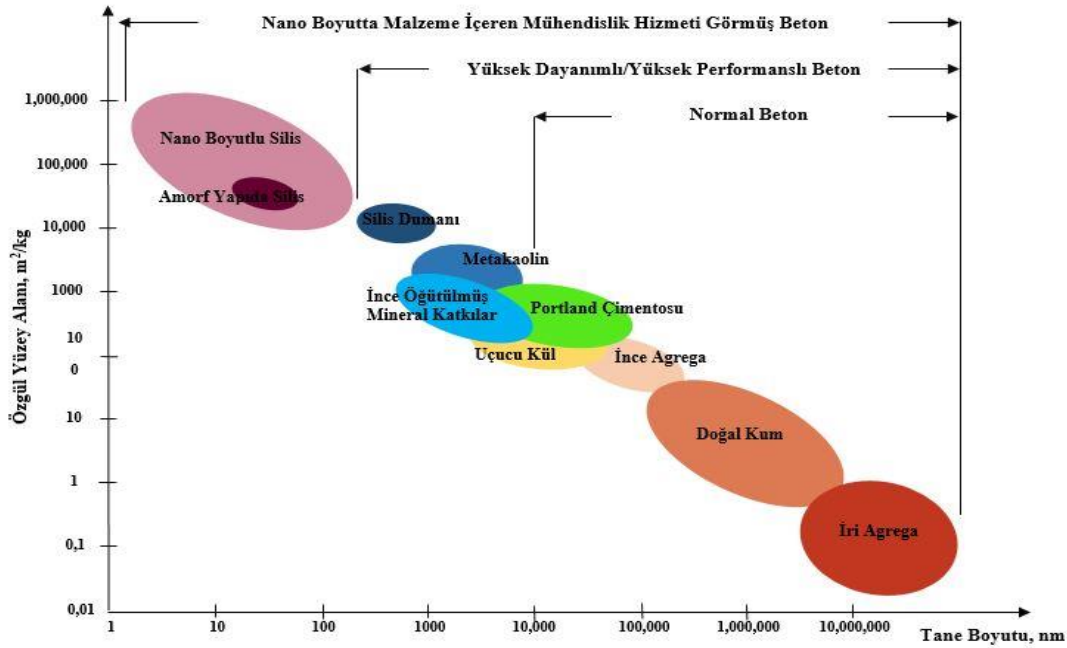
Malzeme ve üretim teknolojisinde yaşanan gelişmeler, yüksek dayanımın yanında yüksek durabilite özelliğine sahip yüksek performanslı betonların üretilmesine imkân sağlamıştır. Yüksek performanslı betonlarda kullanılan silis dumanı, yeni nesil süperakışkanlaştırıcı, ince taneli agregalar homojen tane dizilime sahip karışımları oluşturarak tane dizilim yoğunluğunu iyileştirmektedir. Yüksek tane dizilim yoğunluğu bir başka deyişle yoğun matris sayesinde yüksek basınç dayanımı elde edilmektedir. Bu amaç doğrultusunda çalışmada yüksek performanslı beton üretmek için CEM I 52,5 R Beyaz çimento, silis dumanı, kuvars kumu, silis kumu, yeni nesil süperakışkanlaştırıcı, mikro çelik lif ve su kullanılmıştır. Hazırlanan numunelerde %10, %15 ve %20 oranlarında kuvars kum içeriği ile %0, %1, %2 ve %3 oranlarında mikro çelik lif kullanılırken diğer malzemelerin miktarları sabit tutulmuştur. Çalışma sonucunda farklı kuvars içeriğine bağlı olarak değişen farklı oranlardaki mikro çelik lifin basınç kırılması üzerindeki etkisi incelenmiştir.

## 1. GİRİŞ

Yapı malzemesi olarak beton; agrega, çimento, su ve gerektiğinde bazı katkı maddelerinin kullanılmasıyla üretilen kompozit bir malzeme olarak tanımlanmaktadır. Günümüzde beton, yapı sektörünün

vazgeçilmez yapı malzemesi olma özelliğini dayanıklı, ekonomik, kolay şekil verilebilir olması gibi avantajları sebebiyle korumaktadır. Beton teknolojisinin ilk yıllarında 15-25 MPa aralığında dayanıma sahip betonlar üretilirken son zamanlarda malzeme ve üretim teknolojisinin de katkılarıyla 200 MPa dayanıma ulaşan hatta bu değerlerin üzerine çıkan beton türleri üretilmektedir(Özalp, 2006). İlerleyen beton teknolojisi betonun sadece basınç dayanımını arttırmakla kalmamış aynı zamanda durabilite ve süneklik gibi performans yönünden de iyileşmesine imkân sağlamıştır. Bu durum yüksek dayanımının yanı sıra yüksek durabilite özelliğine de sahip, yeni nesil beton türü olarak da bilinen yüksek performanslı betonların üretilmesine imkân sağlamıştır.

Yapılan çalışmalar yüksek performanslı beton tasarımının yüksek dayanımlı beton tasarımına göre daha zor olduğunu ortaya koymaktadır(Sobolev, 2004). Bu sebeple gün geçtikçe yüksek performanslı betonların karışım tasarımında yeni gelişmeler yaşanmaktadır. Bu gelişmelerin başında homojen dağılı ultra incelikte taneler(DSP) içeren sistemler gelmektedir(Sobolev, 2004). DSP sisteminde sıkıştırılmış taneli yapıya sahip beton; çimento, yeni nesil süperakışkanlaştırıcı, silis dumanı ve kalsine olmuş boksit veya granit gibi ultra sert agregalar kullanılarak üretilmektedir(Taşdemir ve Bayramov, 2002). Bu sistem sayesinde, özellikle yeni nesil süperakışkanlaştırıcıların da kullanımıyla düşük su/çimento oranına sahip, homojen tane dizilimi gösteren, yeterli işlenebilirlikte, yüksek dayanımlı ve yüksek performanslı betonlar üretilmektedir. DSP sistemi başta olmak üzere yüksek performanslı beton üretmek için hazırlanan karışımlarda malzemelerin iyi seçilmesi ve malzemelerin yoğun bir matris oluşturacak şekilde yerleştirilmesi büyük önem arz etmektedir. Aşağıda Grafik.1'de normal betondan sırasıyla yüksek dayanımlı/yüksek performanslı ve nano boyutta malzeme içeren mühendislik hizmeti görmüş betonlara gidildikçe kullanılan malzemelerin tane boyutlarının azaldığını özgül yüzey alanlarının ise arttığını görülmektedir(Sanchez ve Sobolev, 2010). Grafikten de anlaşılacağı üzere yüksek performanslı betonların karışım tasarımında ince taneli ve ultra incelikteki malzemeler, yoğun matris elde etmek için kullanılmaktadır.

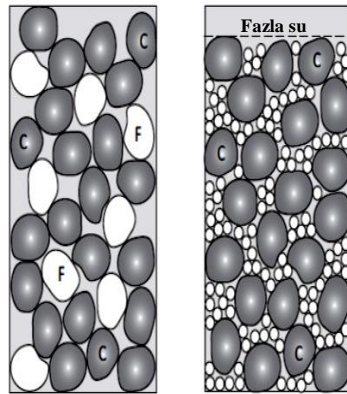


**Grafik.1** Farklı beton türleri için kullanılan malzemelerin tane boyutları ve özgül yüzey alanları (Sanchez ve Sobolev, 2010).

Yüksek performanslı betonların karışımında kullanılan ultra incelikteki malzemeler ile yeni nesil süperakışkanlaştırıcılar karışımın homojen tane dizilimi göstermesini sağlamaktadır(Fennis, 2011). Homojen tane dizilimi sayesinde yüksek tane dizilim yoğunluğu bir başka deyişle yoğun bir matris elde edilmektedir. Öyle ki yüksek performanslı betonlarda tane dizilim yoğunluğunun artması basınç dayanımını da arttırmaktadır(Fennis, 2011). Yüksek tane dizilim yoğunluğu elde etmek ise çimento ile agrega ara yüzeyinin iyileştirilmesine bağlıdır. Silis dumanı, uçucu kül ya da yüksek fırın cürufu gibi bağlayıcılık özelliğine sahip ve çimento ile ikame edilebilen ultra incelikteki malzemelerin ara yüzeyin iyileşmesinde önemli rolü bulunmaktadır. Yapılan çalışmalar karışımında bu tür malzemeler kullanmanın boşluksuz bir yapı sağlayarak tane dizilim yoğunluğunu dolayısıyla betonun basınç dayanımını arttırdığını ortaya koymaktadır(Isaia ve ark., 2001).

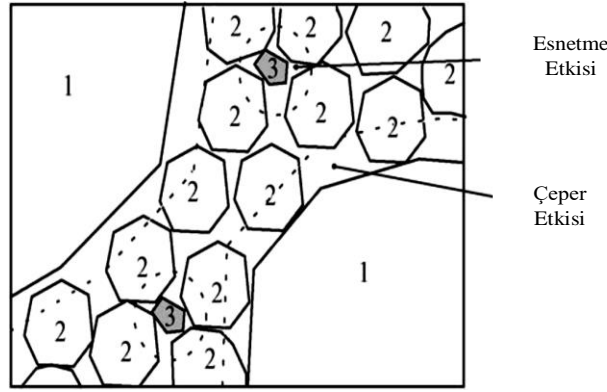
Bu malzemelerden yaygın olarak kullanılan silis dumanının, ortalama tane çapı yüksek fırın cürufu ve uçucu külden daha küçük olduğundan çimento ile agrega taneleri arasında kalan çok küçük boşlukları bile doldurarak yoğun ve yüksek dayanımlı bir matris oluşmasını sağlamaktadır. Silis dumanı ayrıca Portland çimentosunun içerisindeki kalsiyum silikatların hidratasyonu sonucu açığa çıkan  $Ca(OH)_2$  ile reaksiyona girerek mukavemeti daha yüksek C-S-H jeli oluşturur. Bu da malzemenin daha yoğun ve daha mukavemetli olmasını sağlar. Hem dolgu vazifesi hem de puzolanik rol üstlenen silis dumanı yüksek performanslı betonlar için önemli bir malzeme olup karışımda iyi bir dağılım gösterebilmesi yeni nesil süperakışkanlaştırıcılar ile birlikte kullanılmasıyla mümkün olmaktadır(Taşdemir ve Bayramov, 2002).

Yüksek performanslı betonların karışım tasarımıyla ilgili bir diğer husus ise kullanılan çimento dozajı normal betona göre yüksek iken en büyük agrega çapı ise düşüktür(Ghafari ve ark., 2015). Yüksek performanslı betonlarda kullanılan agregaların boyutları çimentonun tane boyutuna yakındır(Topçu ve Karakurt, . 2005). Bu durum fazla miktarda bulunan hidrate olmamış çimento tanelerinin de tane iskeletine uygun olması ve malzemenin dayanımına katkıda bulunması demektir(Taşdemir ve Bayramov, 2002). Bağlayıcılık vazifesi gören ultra incelikteki malzemeler ile tane dizilim yoğunluğunu artırmanın mümkün olduğundan yukarıda bahsedilmişti. Bu duruma ilave olarak yüksek performanslı betonlarda tane dizilim yoğunluğunu arttırmak ya da iyileştirmek için silis kumu, kuvars kumu gibi ince taneli agrega türleri de kullanılmaktadır. Karışımda kullanılan ince taneli agregaların düşük boşluk içeriği daha az çimento harcı ihtiyacına sebep olacağı gibi taneciklerin düşük boşluk içeriği sayesinde su ihtiyacı da azalacaktır. İnce tanecikler tarafından boşlukların doldurulması tane dizilim yoğunluğunu iyileştirecek ve karışımın parçacıklar arası sürtünmesine oldukça katkı sağlayacaktır. Bu durum karışımın daha dayanıklı ve daha katı olmasını sağladığından sertleşmiş beton harcı için olumlu bir etki yaratmış olacaktır. Homojen tane diziliminin beton dayanımı üzerine etkisiyle ilgili olarak Fennis(2011) tarafından yapılan bir çalışmada aynı miktar çimento içeriğine sahip iki karışımdan ilki iri agrega kullanılarak diğeri ince agrega kullanılarak üretilmiştir. İlk karışımda hidratasyon sonucu oluşan ürünlerle iri agregalar arasında kurulan bağlantı köprüsü daha uzun iken ikinci karışımda bu mesafe daha düşük çıkmıştır. Kurulan bağlantı mesafesi uzadıkça ara yüzey de bir o kadar zayıflamakta dolayısıyla beton dayanımını olumsuz yönde etkilenmektedir. Yapılan çalışmayla ilgili görsel Şekil.2'de yer almaktadır. Ayrıca çalışma ince agrega kullanımı sayesinde karışımdaki fazla su miktarının azaltılabileceğini de göstermektedir(Fennis, 2011).



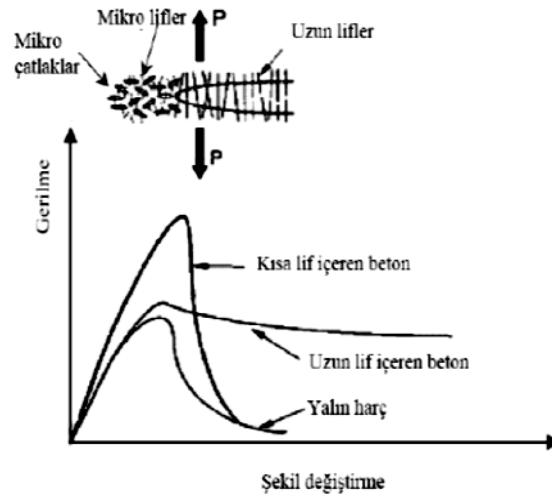
**Şekil.1** İri taneli ve ince taneli agregalar içeren iki karışımın karşılaştırılması  
(C: Çimento, F: Boşlukları dolduran iri taneli agregayı temsil etmektedir.)

Yukarıda bahsi geçen homojen tane dizilimi, tane dizilim yoğunluğu ya da yoğun matris kavramlarıyla ilgili ilk çalışmalar 1929 yılında Furnas adlı araştırmacı tarafından yapılmıştır. Furnas Modeli kendi aralarında etkileşim halinde olmayan sadece iki grup tek boyutlu taneler için uygun bir model iken François de Larrard ve Thierry Sedran tarafından 1992 yılında çok bileşenli tane yapısına uygun Lineer Tane Dizilim Modeli geliştirilmiştir. Bu modelde kullanılan çok bileşenli tanelerin yanı sıra bu tanelerin etkileşimleri sonucunda çeper etkisi ve esnetme etkisi olarak adlandırılan iki farklı katsayının varlığından da bahsedilmiştir. Çeper etkisi, ince tanelerin iri taneler ile karşılaştığında ya da yerleştirildiği kalıbın yüzeyine temas ettiğinde oluşan boşluğun sebebi olarak tanımlanırken esnetme etkisi ise ince tanelerin iri tanelerin arasını dolduramayacak kadar fazla olmasının iri tanelerin dizilim düzeninin bozması olarak tanımlanmaktadır. Her iki etki de tane dizilim yoğunluğunun hesaplanmasında kullanılmaktadır(Fennis, 2011). Tane diziliminde çeper ve esnetme etkisi şematik olarak Şekil.3'te gösterilmiştir.



Şekil.2 Tane diziliminde esnetme ve çeper etkisi

Silis dumanı, ince taneli agregalar, yüksek çimento dozajı ve yeni nesil süperakışkanlaştırıcılar yüksek performanslı betonların mikro yapısı üzerinde dolayısıyla da tane dizilim yoğunluğunda oluşturduğu olumlu etki sebebiyle basınç dayanımını arttırmaktadır. Ancak yüksek performanslı betonlarda basınç dayanımı artışıyla birlikte gevrek davranış problemi ortaya çıkmaktadır. Yüksek dayanıklı betonlarda eksenel şekil değiştirme kapasiteleri yük altında artmakta ve tepe noktası geçildikten sonra gerilme düşüşü ani olmakta ve daha gevrek kırılmaktadır (Özalp, 2006). Çelik liflerin çekme dayanımları ve çekme şekil değiştirme kapasiteleri yüksek olduğundan betona ilave edilmesi durumunda elastik ve daha fazla şekil değiştirebilen bir yapıya dönüşmektedir. Mikro çelik lifler, çatlakları makro düzeye gelmeden durdurarak, elastik bölgedeki davranışı iyileştirirken makro lifler ise makro düzeydeki çatlakları kontrol ederek maksimum yük sonrası davranışı iyileştirirler (Özalp, 2006). Farklı lif boyutlarına ait gerilme şekil değiştirme grafiği Grafik 2'de verilmiştir. Homojen bir şekilde dağılan lifler, beton içerisinde oluşan çatlakları önlemekte ve çatlakların beton içerisinde ilerlemesini yavaşlatarak betonu daha dayanıklı hale getirmektedir (Ünal ve ark., 2007). Liflerin en büyük etkisi, çatlakların ilk oluşum anında, çatlak sonlarındaki gerilmeleri kendi üstlerine ve sağlam alanlara transfer ederek işlevlerini yerine getirirler. Ayrıca içerisine çelik liflerin katılması ile performansında büyük artışlar görülen betonun, tokluk, kavitezyon-erozyon, yorulma, çarpma ve ilk çatlak dayanımı gibi özellikleri işlev açısından daha farklı davranış göstermektedir (Ünal ve ark., 2007).



Grafik.2 Farklı lif boyutlarına ait gerilme şekil değiştirme grafiği (Taşdemir ve ark., 2003)

Yüksek performanslı betonlarda çimento ile birlikte bağlayıcılık vazifesi gören silis dumanı, işlenebilirlik için yeni nesil süperakışkanlaştırıcı ve karışımdaki boşlukları doldurması için ince taneli agregaların kullanılmasıyla betonun mikro yapısı iyileşirken mikro çelik lif ilavesiyle gevreklik sorunu çözülmektedir. Dolayısıyla yüksek performanslı betonların hem mekanik hem de performans anlamında birçok özelliği

iyileşmektedir. Bu durum yüksek performanslı beton karışımında kullanılan her bir malzemenin ne denli önemli olduğunu ortaya koymaktadır.

Bu çalışma kapsamında ise çimento, silis dumanı, silis kumu, kuvars kumu, mikro çelik lif, yeni nesil süperakışkanlaştırıcı ve su kullanılarak yüksek performanslı beton elde edilmek istenmiştir. Mevcut laboratuvar koşullarında yüksek performanslı betonun üretilebilir olmasını sağlayabilmek için basınç kürü ya da yüksek ısıda buhar kürü yöntemleri kullanılmadan numuneler hazırlanmıştır. Karışımında kullanılan kuvars kumu ile mikro çelik lifin üç farklı oranı için numunelerin basınç dayanımları karşılaştırılarak en uygun oran tespit edilmesi amaçlanmıştır.

## 2. MATERYAL

### 2.1. Çimento

Deneysel çalışmalar esnasında Mersin ÇİMSA fabrikasının “Çimsa Süper Beyaz - CEM I 52,5 R Beyaz Portland Çimentosu” kullanılmıştır. Çimsa Süper Beyaz - CEM I 52,5 R Beyaz Portland Çimentosuna ait kimyasal özellikler Tablo.1’de, fiziksel ve mekanik özellikler ise Tablo.2’de verilmiştir.

**Tablo.1** Çimsa Süper Beyaz - CEM I 52,5 R Beyaz Portland Çimentosuna ait kimyasal özellikler

Çözünmeyen Kalıntı(%)	SiO <sub>2</sub> (%)	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	CaO (%)	MgO (%)	SO <sub>3</sub> (%)	Kızdırma Kaybı (%)	Na <sub>2</sub> O (%)	K <sub>2</sub> O (%)	Klorür (%)	Serbest CaO (%)
18	21,6	4,05	0,26	65,7	1,3	3,3	3,2	0,3	0,35	0,01	1,6

**Tablo.2** Çimsa Süper Beyaz - CEM I 52,5 R Beyaz Portland Çimentosuna ait fiziksel ve mekanik özellikler

Dayanım Sınıfı	Basınç Dayanımı(MPa)			Priz Başlangıcı (dakika)	Priz Sonu (dakika)	Hacim sabitliği (mm)	Özgül yüzey (cm <sup>2</sup> /gr)	Özgül ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	Beyazlık Y Değeri
	2 Günlük	7 Günlük	28 Günlük						
52,5	37	50	60	100	130	1	4600	3,06	85,5

### 2.2. Silis Dumanı

Deney çalışması sırasında hazırlanan karışımlarda puzolanik beton katkı malzemesi olarak İKSA firmasının Lalahan fabrikasından temin edilen amorf yapıda gri renkte toz silis dumanı kullanılmıştır. Aşağıda Tablo.3’te silis dumanına ait teknik özellikler yer almaktadır.

### 2.3. Kuvars Kumu

Kuvars, oldukça saf silisyumdioksit(SiO<sub>2</sub>) kristallerine verilen addır. Doğada kristal ya da amorf halde bulunabilir. İçindeki yabancı maddelerin cins ve miktarına göre saydam, renkli ya da yarı saydam durumdadır. Bu karışımında ince taneli agrega olarak 10 µm tane çapında kuvars kumu kullanılmıştır. Kuvars kumu, Esan firması tarafından temin edilmiş olup ürüne ait genel özellikler aşağıda Tablo.4’de yer almaktadır.

Tablo.3 Silis dumanına ait teknik özellikler

ANALİZLER	TEST METODU	STANDARD DEĞERLERİ	DENEY METODU İKSA	ANALİZ SONUÇLARI
Çözünürlük	Gözle	Suda Çözünmez	İksa Lab(TA-87)	Suda Çözünmez
Bağlı yoğunluk	ASTM C1240-12	2,0 – 2,2 (g/cm <sup>3</sup> )	İksa Lab(TA-12)	2,08 (g/cm <sup>3</sup> )
Renk	GÖZLE	Gri-Açık Gri Toz	İksa Lab	Gri-Açık Gri Toz
Nem içeriği	ASTM C1240-11	En fazla %3	İksa Lab(TA-14/15)	%2,01
Yığın yoğunluk	ASTM C1240-19	150-250 (kg/m <sup>3</sup> )	İksa Lab(TA-82)	247 (kg/m <sup>3</sup> )
Kimyasal yapı	Gözle	Amorf, mikron altı toz	İksa Lab	Amorf, mikron altı toz
SiO <sub>2</sub> (%)	ASTM C1240-10	En az %80	İksa Lab(TA-81)	%87
Kızdırma kaybı	ASTM C1240-11	En fazla %5	İksa Lab(TA-14/15)	%2
40µm elekte kalan	ASTM C1240-13	En fazla %10	İksa Lab(TA-83)	%5
Puzolanik aktivite indeksi (7 gün)	ASTM C1240-16	En az %105	İksa Lab(TA-83)	%108

Tablo.4 Kuvars kumuna ait kimyasal ve fiziksel özellikler

Özgül ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	Sertlik	SiO <sub>2</sub> (%)	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	TiO <sub>2</sub> (%)	CaO (%)	MgO (%)	Na <sub>2</sub> O (%)	K <sub>2</sub> O (%)	LoI (%)	Rutubet (%)
2,65	7	98,5 ± 0,20	1 ± 0,20	0,02 ± 0,01	0,02 ± 0,01	0,02 ± 0,01	0,02 ± 0,01	0,10 ± 0,05	0,02 ± 0,01	0,20 ± 0,01	0,2

#### 2.4. Silis Kumu

Çalışmada hazırlanan numunelerde ince taneli agrega olarak İstanbul/Şile'de ÇELİKTAŞ A.Ş. tarafından üretilen AFS 40-45 kodlu silis kumu kullanılmıştır. Kullanılan silis kumunun kimyasal ve elek analizleri Tablo.5 ve Tablo.6'da yer almaktadır

Tablo.5 Silis kumuna ait kimyasal analiz sonuçları

Kimyasal Analiz	SiO <sub>2</sub>	FeO <sub>3</sub>	MgO	CaO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ve diğerleri
% Mak.	98,85	0,32	0,015	0,03	0,054	0,771	1,187
% Min.	98,02	0,11	0,01	0,018	0,03	0,048	0,39

**Tablo.6** Silis kumuna ait elek analizi sonuçları

Elek Boyutu ( $\mu\text{m}$ )	Analiz Sonucu (%)
1000	0,1
710-1000	1,7
500-710	9,7
355-500	28,2
250-355	41,5
180-250	16,7
125-180	1,7
90-125	0,3
0-90	0

## 2.5. Kimyasal Katkı Malzemesi

Bu çalışmada kullanılan kimyasal katkı malzemesi Chryso firmasına ait polikarboksilat destekli yeni nesil süperakışkanlaştırıcı olan Optima 284 no'lu üründür. Optima 284 yaz-kış kıvam korumasının yanı sıra erken ve nihai dayanımı yüksek olması istenen betonlar için özel olarak üretilmiş bir süperakışkanlaştırıcı olması sebebiyle tercih edilmiştir. Düşük su/çimento oranlarında beton üretiminin gerçekleşmesini sağlar. Bu sayede betonun su geçirimsizliğini artırır. Ürüne ait teknik özellikler aşağıda Tablo.7'de yer almaktadır.

**Tablo.7** Yeni nesil süperakışkanlaştırıcıya ait teknik özellikler

Teknik Özellikler					
Görünüm	Yoğunluk ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ )	Renk	pH	Katı Madde	Klorür İçeriği
Sıvı	$1,080 \pm 0,02$	Kahverengi	$6,00 \pm 1$	$30,50 \pm \%5$	$<\%0,1$

## 2.6. Mikro Çelik Lif

Çalışmada kullanılan mikro çelik lifler, düz kısa kesilmiş, 6 mm uzunluğa, 0,16 mm çapa ve 2250 MPa çekme dayanımına sahip Bekaert firmasına ait OL 6/16 lifleri olup karışımında %1, %2 ve %3 olmak üzere üç farklı oranda kullanılmıştır.

## 2.7. Karışım Suyu

Deneysel çalışmaların tamamında Ankara ili şehir şebeke suyu kullanılmıştır.

## 3. METOD

Çalışmada öncelikli olarak mikro çelik lif içermeyen %10, %15 ve %20 oranlarında kuvars kumu içeren referans numuneler hazırlanmıştır. Hazırlanan referans numunelere ilave olarak %1, %2 ve %3 oranlarında mikro çelik lif ile %10, %15 ve %20 oranlarında kuvars kumuna sahip numuneler hazırlanmıştır. Referans numunelerde kullanılan malzeme miktarları Tablo.8'de yer almaktadır. Referans numunelere ilave olarak

hazırlanan üç farklı mikro çelik lif ve kuvars kumu oranlarına sahip numunelere ait karışım oranları Tablo.9'de belirtildiği gibidir. Karışımda homojen bir dağılım elde edebilmek için bağlayıcı malzemelerle birlikte silis kumu ve kuvars kumu kuru olarak 5 dakika boyunca düşük hızda karıştırılmıştır. Kuru karışıma ilk olarak suyun %70 ile süperakışkanlaştırıcınının %50'si eklenerek 2 dakika, son olarak da kalan su ve süperakışkanlaştırıcı ilave edilip 5 dakika karıştırılmıştır. Elde edilen karışım 10cmx10cmx10cm boyutlarındaki kalıplara yerleştirilmiş ve bir gün sonra kalıptan çıkarılarak oda sıcaklığında bulunan su havuzunda 28 gün boyunca kür edilmiştir. Numunelerin basınç dayanım testi için 2000 KN kapasiteli yükleme cihazı kullanılmıştır.

**Tablo.8** Referans numunelerde kullanılan malzeme miktarları

Numune Kodu	Kullanılan Malzemeler(kg/m <sup>3</sup> )						Su
	Çimento	Silis Dumanı	Kuvars Kumu	Silis Kumu	Süper Akışkanlaştırıcı	Mikro Çelik Lif	
<b>BK10</b>	900	135	90	1400	45	0	180
<b>BK15</b>	900	135	135	1400	45	0	180
<b>BK20</b>	900	135	180	1400	45	0	180

**Tablo.9** Üç farklı mikro çelik lif ve kuvars kumu oranlarına sahip numunelere ait karışım oranları

Numune Kodu	Su/Çimento Oranı	Su/ Bağlayıcı Oranı	Kuvars Kumu/ Çimento Oranı	Mikro Çelik Lif Oranı	Süper Akışkanlaştırıcı/Çimento Oranı
<b>BK10</b>	0,2	0,17	0,10	0,00	0,05
<b>BK15</b>	0,2	0,17	0,15	0,00	0,05
<b>BK20</b>	0,2	0,17	0,20	0,00	0,05
<b>B01K10</b>	0,2	0,17	0,10	0,01	0,05
<b>B01K15</b>	0,2	0,17	0,15	0,01	0,05
<b>B01K20</b>	0,2	0,17	0,20	0,01	0,05
<b>B02K10</b>	0,2	0,17	0,10	0,02	0,05
<b>B02K15</b>	0,2	0,17	0,15	0,02	0,05
<b>B02K20</b>	0,2	0,17	0,20	0,02	0,05
<b>B03K10</b>	0,2	0,17	0,10	0,03	0,05
<b>B03K15</b>	0,2	0,17	0,15	0,03	0,05
<b>B03K20</b>	0,2	0,17	0,20	0,03	0,05

#### 4. BULGULAR VE SONUÇLAR

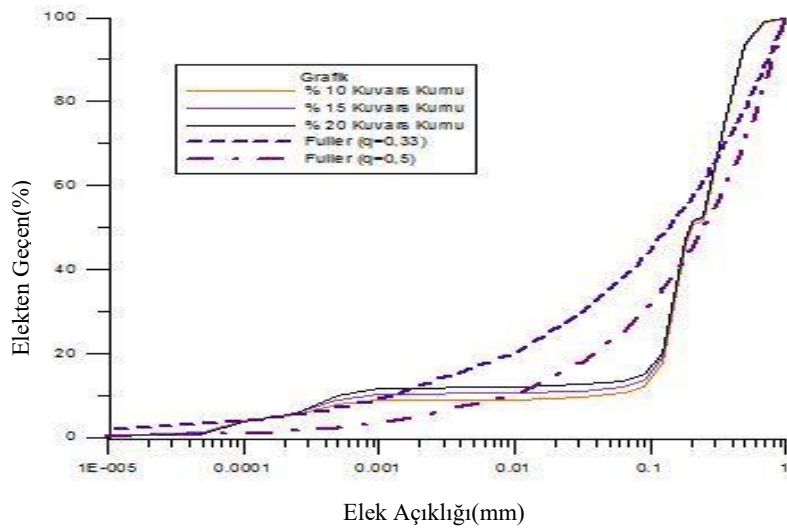
Çimento, silis dumanı, silis kumu, kuvars kumu, mikro çelik lif, yeni nesil süperakışkanlaştırıcı ve su kullanılarak numuneler hazırlanmış sonrasında yükleme cihazı altında basınç dayanımları test edilmiştir. Numunelere ait basınç dayanımları Tablo.10'da belirtildiği gibidir. Elde edilen veriler doğrultusunda aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

- Hazırlanan referans numunelerin basınç dayanımlarının mikro çelik lif içeren numunelere göre daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca artan mikro çelik lif oranıyla birlikte üç farklı kuvars kumu oranı için de



basınç dayanımları referans numunelere göre artış göstermiştir. Bu durum mikro çelik lif kullanımının basınç dayanımını olumlu yönde etkilediğini göstermektedir.

- Mikro çelik lif içermeyen numuneler daha gevrek bir davranış sergilerken karışıma lif ilave edilmesiyle ani kırılmalar nispeten engellenmiştir. Numunelerin lif oranlarındaki artışlarına bağlı olarak boyutsal kararlılık açısından iyileşme gözlemlenmiştir.
- Elde edilen numunelerde %15 kuvars kum içeriğine kadar basınç dayanımları artış gösterirken %20 kuvars kum içeriğindeki numunelerin dayanımlarında düşme eğilimi tespit edilmiştir. Bu durum ince agregaların esnetme etkisinin bir sonucu olup fazla miktarda ince agrega kullanımının iri tanelerin tane dizilim düzenini bozması, çimento ile iri tanelerin arasındaki aderansı zayıflatması gibi etkilerinden dolayı basınç dayanımındaki artışı olumsuz yönde etkilemiştir. Aşağıda Grafik.3'te üç farklı kuvars kum içeriğine sahip karışımlar ile ideal Fuller tane dağılım eğrileri( $q=0,33$  ve  $q=0,5$  değerleri için) gösterilmiştir. Grafikten de anlaşılacağı üzere ince taneli malzeme oranının fazla olması sebebiyle Fuller tarafından önerilen ideal tane dağılım eğrilerinden sapmalar görülmektedir. (Fuller eğrisi için önerilen denklem;  $P(\%)=(d/d_{max})^q$ ).



**Grafik.3** Farklı kuvars kum içeriklerine sahip karışımın tane dağılım eğrisi ile Fuller eğrileri( $q=0,33$  ve  $q=0,5$  değerleri için)

**Tablo.10** Farklı mikro çelik lif ve kuvars kumu içeriğinde hazırlanan numunelerin basınç dayanımları

Numune Kodu	Kuvars Kumu/ Çimento Oranı	Mikro Çelik Lif Oranı	Ortalama Basınç Dayanımı(MPa)
BK10	0,10	0,00	111
BK15	0,15	0,00	125
BK20	0,20	0,00	113
B01K10	0,10	0,01	128
B01K15	0,15	0,01	134
B01K20	0,20	0,01	130
B02K10	0,10	0,02	126
B02K15	0,15	0,02	143
B02K20	0,20	0,02	134
B03K10	0,10	0,03	131
B03K15	0,15	0,03	147

B03K20

0,20

0,03

138



Fotoğraf.1 BK10 numunesi



Fotoğraf.2 BK15 numunesi



Fotoğraf.3 BK20 numunesi

- Yukarıdaki fotoğraflar BK10, BK15 VE BK20 kodlu numunelere ait olup basınç testi sonrası kırılma şekilleri fotoğraflanmıştır. Fotoğraflardan da anlaşılacağı üzere artan kuvars içeriği betonun ani ve gevrek kırılmasına sebep olmuştur. Kuvars kumu içeriğindeki artışlara göre numuneler karşılaştırıldığında boyutsal kararlılık açısından ciddi bir fark gözlemlenmiştir. Bu üç numune seti içerisinde en yüksek basınç dayanımı %15 kuvars kumu içeriği ile BK15 kodlu numuneye aittir.



Fotoğraf.4 B01K10 numunesi



Fotoğraf.5 B01K15 numunesi



Fotoğraf.6 B01K20 numunesi

- Yukarıdaki fotoğraflar %1 mikro çelik lif içeriğine sahip B01K10, B01K15, B01K20 kodlu numunelere aittir. Bu numune setinde artan kuvars kumu oranı ile birlikte %1 oranındaki mikro çelik lif ilavesinin basınç dayanımını artırdığı gözlemlenmiştir. Lif içermeyen referans numunelerle kıyaslandığında boyutsal kararlılıkta az da olsa bir iyileşme gözlemlenmiştir.



Fotoğraf.7 B02K10 numunesi



Fotoğraf.8 B02K15 numunesi



Fotoğraf.9 B02K20 numunesi

- Yukarıdaki fotoğraflar %2 mikro çelik lif içeriğine sahip B02K10, B02K15, B02K20 kodlu numunelere aittir. Yukarıdaki fotoğraflarda yer alan %1 mikro çelik lif içeren numuneler ile %2 mikro çelik lif içeren numuneler kıyaslandığında basınç testi sonrası boyutsal kararlılık açısından iyileşme dikkat çekmektedir.



Fotoğraf.10 B03K10 numunesi



Fotoğraf.11 B03K15 numunesi



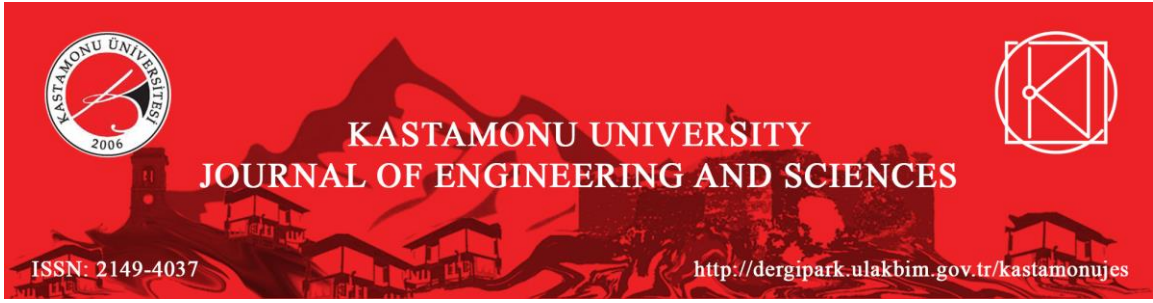
Fotoğraf.12 B03K20 numunesi

- Yukarıdaki fotoğraflar %3 mikro çelik lif içeriğine sahip B03K10, B03K15, B03K20 kodlu numunelere aittir. Bu numune setinde artan kuvars kum içeriği ile mikro çelik lif oranının betonun boyutsal kararlılığı üzerindeki etkisi daha iyi ortaya konmuştur. Özellikle B03K20 kodlu numune yükleme sonrası 138 MPa dayanıma ulaşmış olup boyutsal bütünlüğünü korumaya devam etmiştir.

## KAYNAKLAR

- Fennis, S.A.A.M. (2011). Design of Ecological Concrete by Particle Packing Optimization. Netherlands: Glideprint, 9-65.
- Ghafari, E., Costa, H ve Julio, E. (2015). Critical Review on Eco-Efficient Ultra High Performance Concrete Enhanced With Nano-materials. *Construction and Building Materials*, 101, 201-208.

- Isaia, G.C., Gastaldini, A.L.G. ve Moraes, R. (2001). Physical and Pozzolanic Action of mineral Additions on the Mechanical Strength of High-Performance Concrete. *Construction and Building Materials*, 25, 2060-2071.
- Özalp, F. (2006). Ultra Yüksek Performanslı Betonların Mekanik Davranışı, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 12-34.
- Sanchez, F. ve Sobolev, K. (2010). Nanotechnology in Concrete – A Review. *Construction and Building Materials*, 24(11), 2060-2071.
- Sobolev, K. (2004). The Development of A New Method for the Proportioning of High Performance Concrete Mixtures. *Cement and Concrete Composites*, 26, 901-907.
- Taşdemir, M. A. ve Bayramov, F. (2002). Yüksek Performanslı Çimento Esaslı Kompozitlerin Mekanik Davranışı. *İTÜ Dergisi*, 1(2), 125-144.
- Taşdemir, M.A., Bayramov, F. ve Yerlikaya, M. (2003). Geleneksel ve Yüksek Performanslı Çelik Donatılı Betonlar. *Türkiye Mühendislik Haberleri Dergisi*, 426, 76-84.
- Topçu, İ. B. ve Karakurt, C. (2005). Reaktif Pudra Betonları. *Türkiye Mühendislik Haberleri*, 437, 25-30.
- Ünal, O., Uygunoğlu, T. ve Gençel, O. (2007). Lif Tipinin Betonun Tokluğu Üzerindeki Etkisinin Araştırılması. *V. GAP Mühendislik Kongresi Bildiriler Kitabı*, 2, 941-942.



## 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 ELFARAH<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 dolum 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**

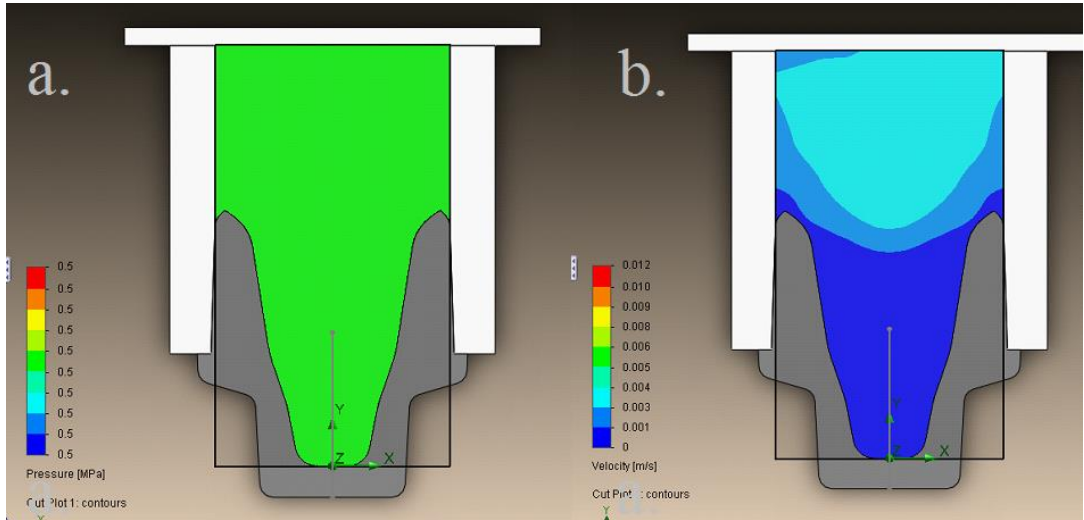
Solidworks programında basınç dayanım analizlerinin yapılması için ilk olarak akışkan analizleri yapılmıştır. Akışkan analizi sonuçlarına göre basıncın tüm yüzeyi 0,5 MPa etkilediği gözlenmiştir. Bundan dolayı basınç 0,5 Mpa seçilmiştir. Malzeme seçimi Solid Works Malzeme kütüphanesindeki temper döküm 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)

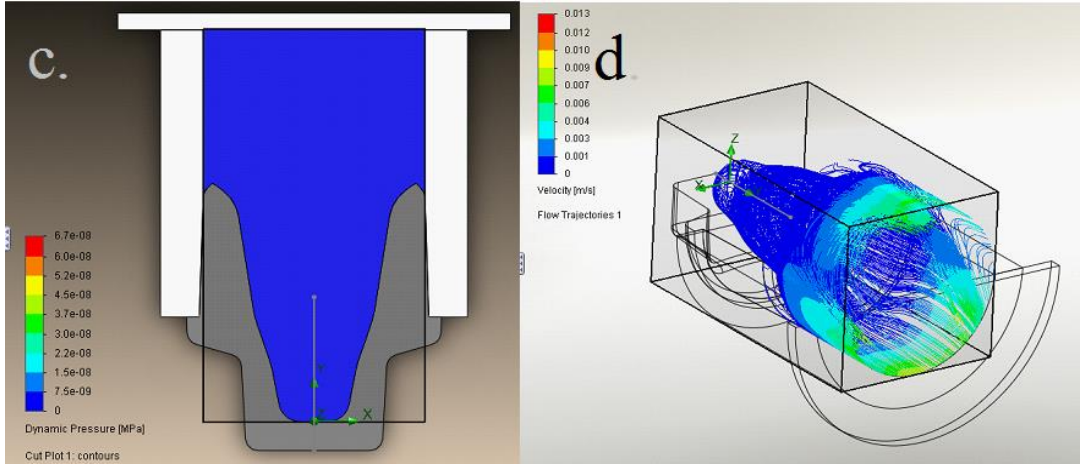
Mekanik Özellikler	Temper Döküm		1020	
	Değeri	Birimi	Değeri	Birimi
X'deki Elastik Modülü	190000	N/mm <sup>2</sup>	205000	N/mm <sup>2</sup>
XY'deki Poisson's Oranı	0.27	N/A	0.29	N/A
XY'deki Kesme Modülü	86000	N/mm <sup>2</sup>	80000	N/mm <sup>2</sup>
Yoğunluk	7300	kg/m <sup>3</sup>	7870	kg/m <sup>3</sup>
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

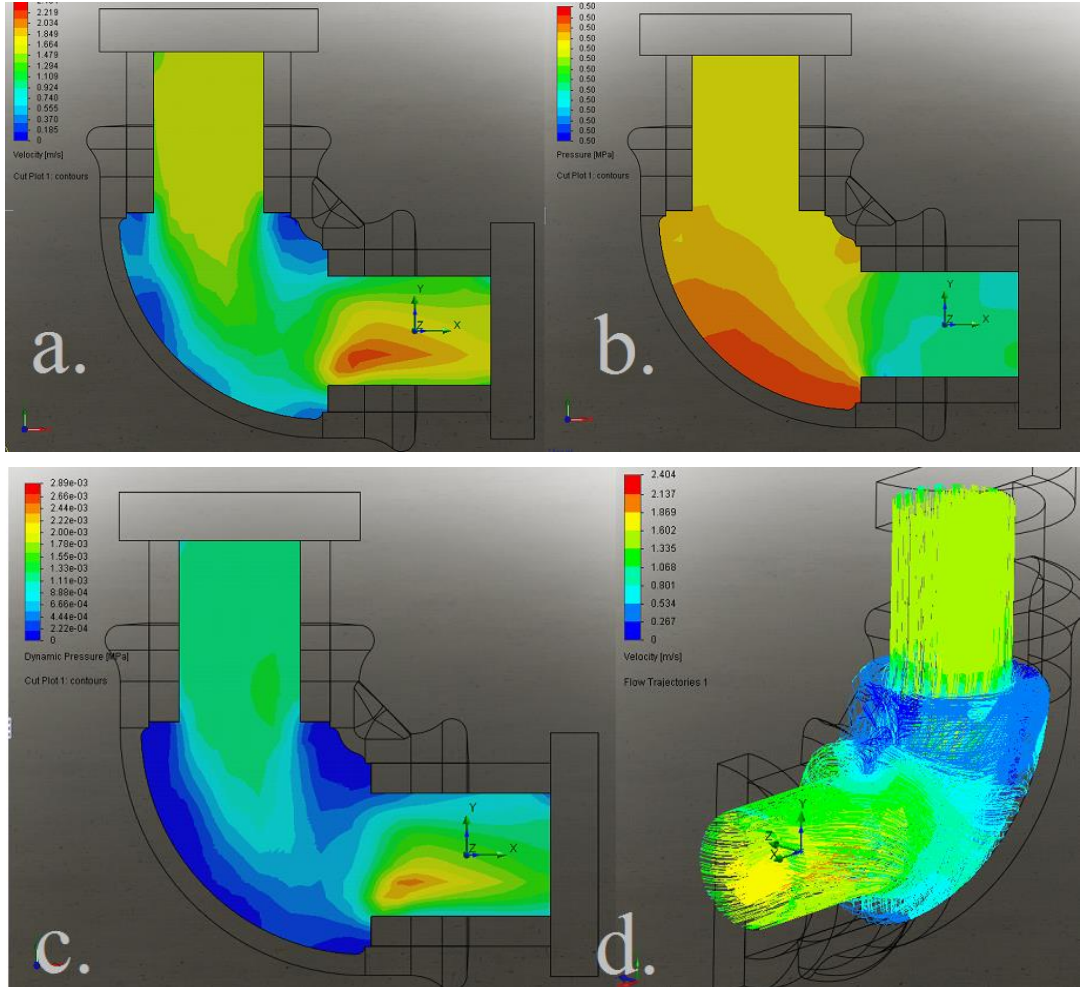
3/4" boru bağlantı elemanlarının akış analizi yapılmıştır. Basınç, dinamik basınç ve akış hızları her bir geometri için belirlenmiştir. Üç boyutlu akış hareketleri farklı tip malzemeler için gösterilmiştir (Şekil 1-4). Basınç dağılımının tüm yüzeyde aynı olduğu gözlenmiştir. Basınç dayanım analizleri 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

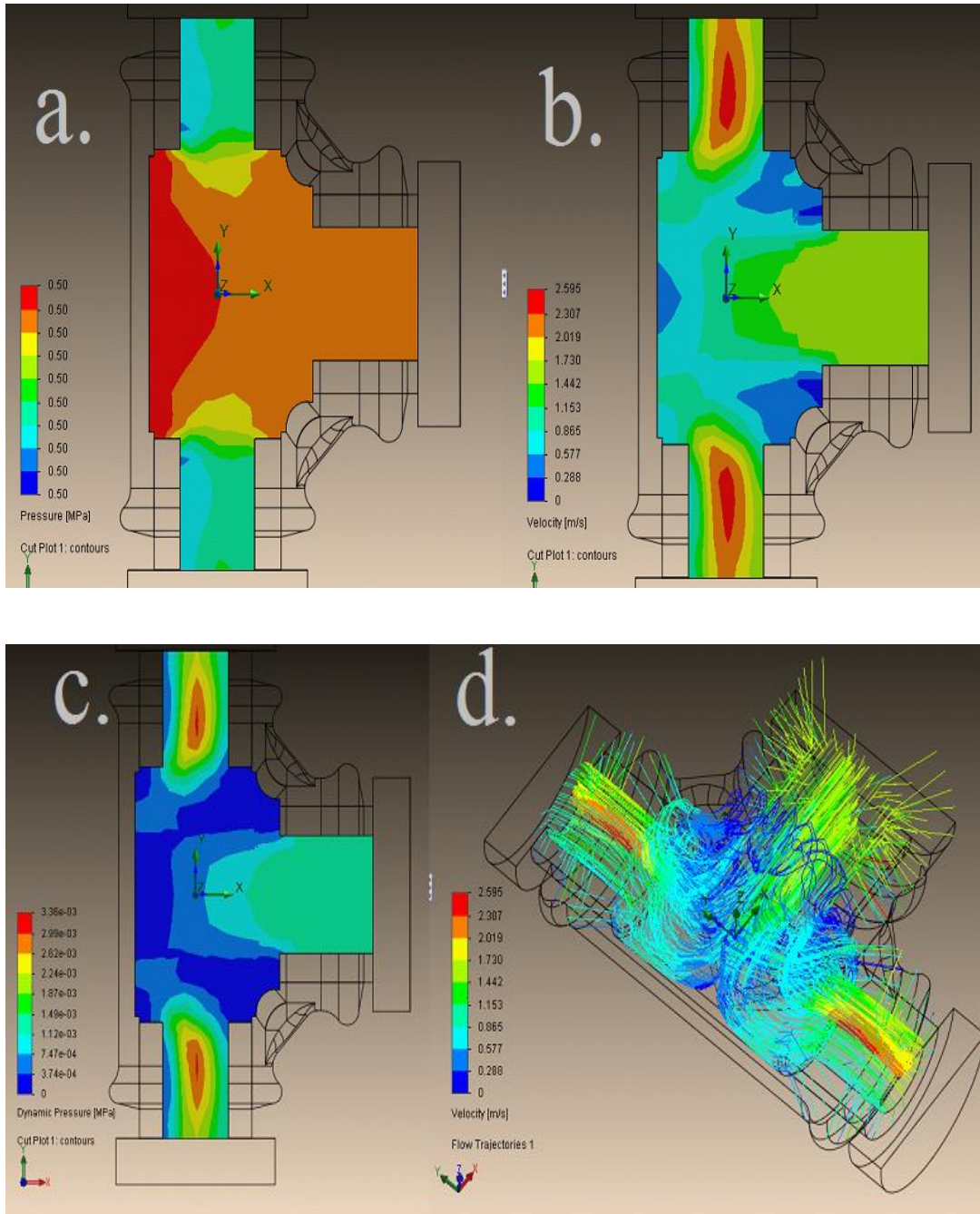


Şekil 1. Basınç (a), akış hızı (b), dinamik basınç (c) ve akışın üç boyutlu şeklinin (d) modellenmesi (devamı)

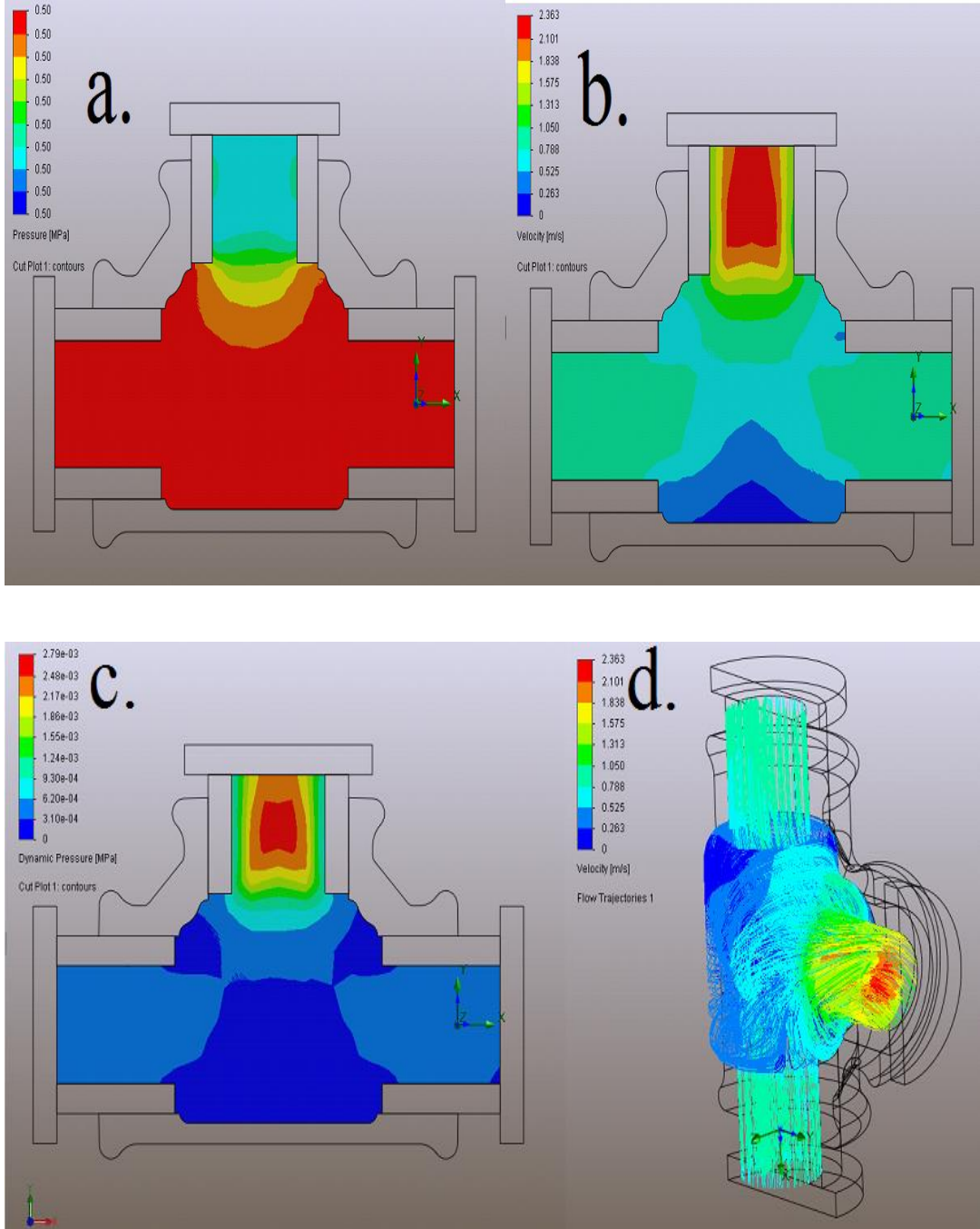


Şekil 2. Basınç (b), akış hızı (a), dinamik basınç (c) ve akışın üç boyutlu şeklinin (d) modellenmesi

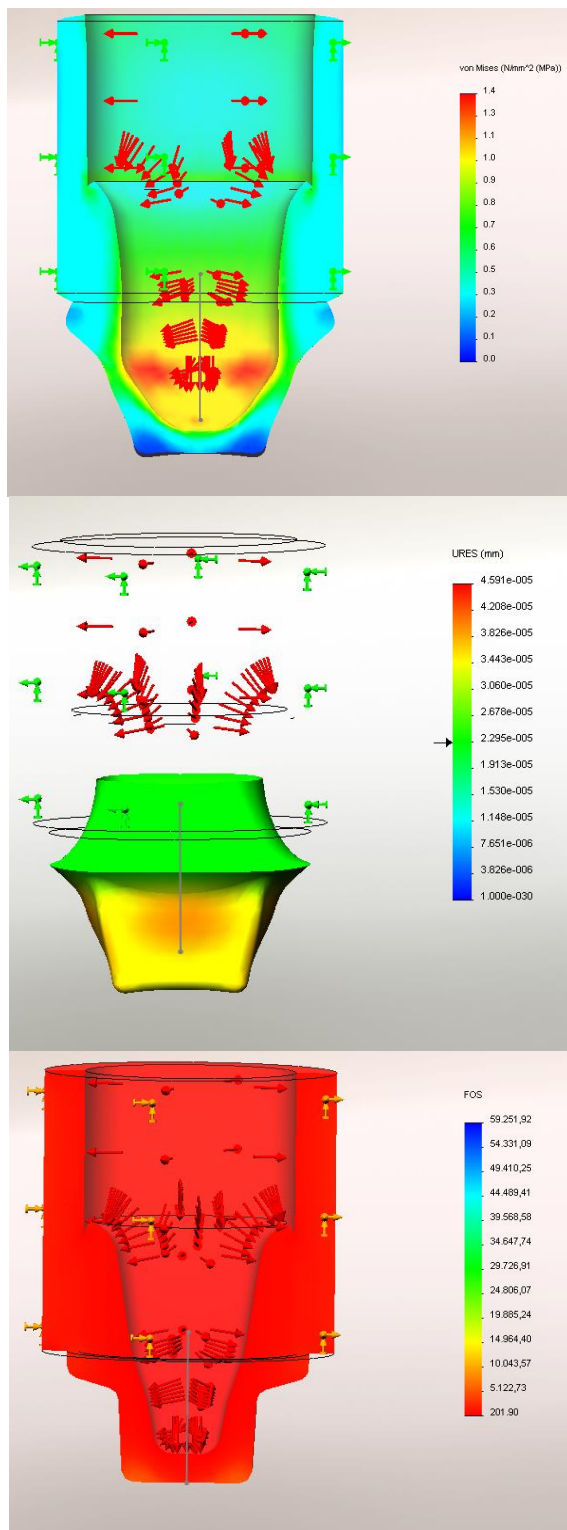




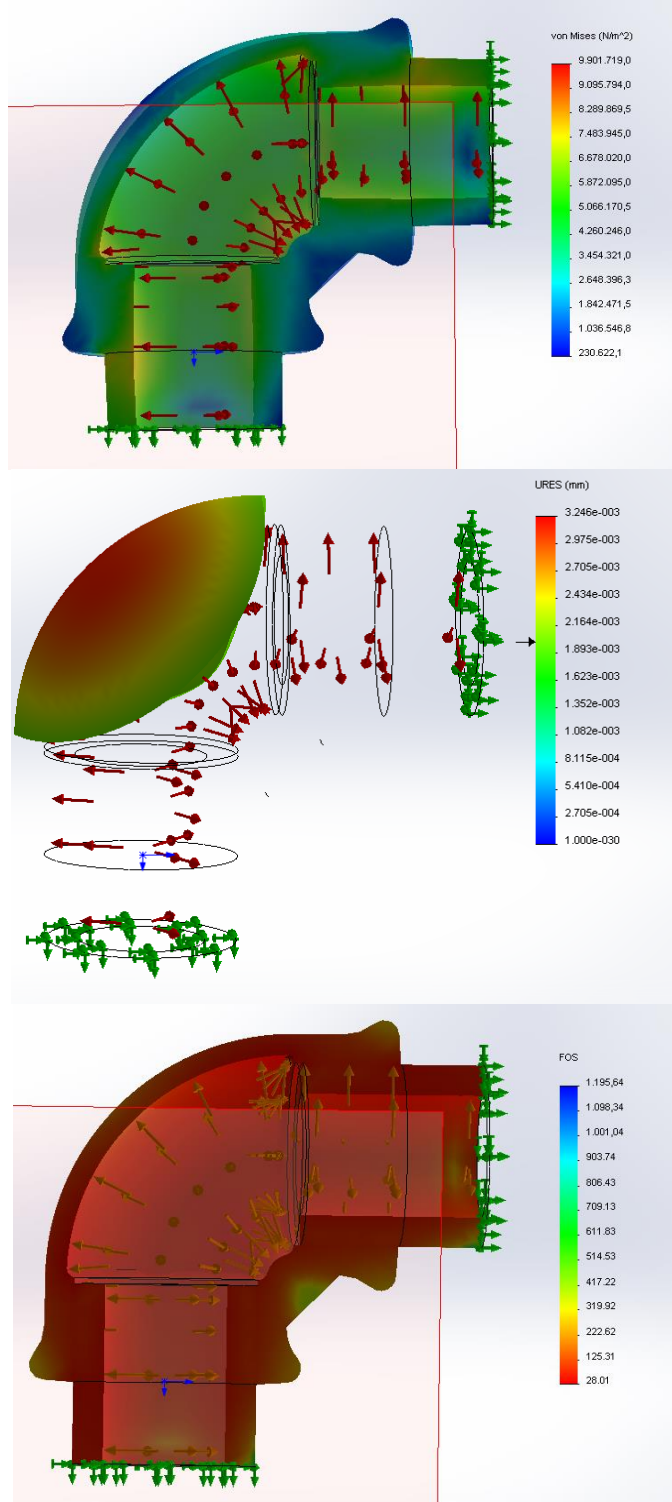
Şekil 3. Basınç (a), akış hızı (b), dinamik basınç (c) ve akışın üç boyutlu şeklinin (d) modellenmesi



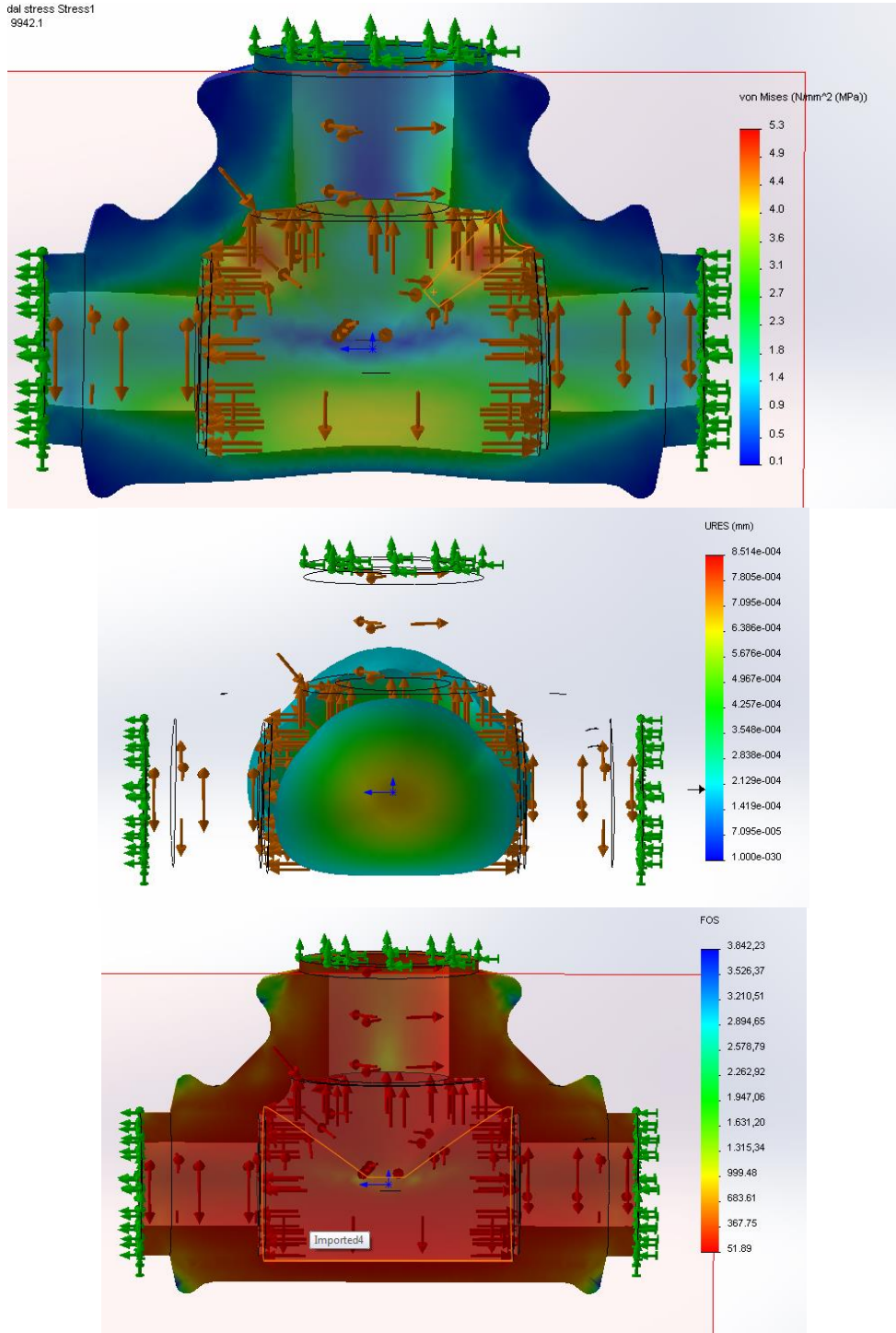
Şekil 4. Basınç (a), akış hızı (b), dinamik basınç (c) ve akışın üç boyutlu şeklinin (d) modellenmesi



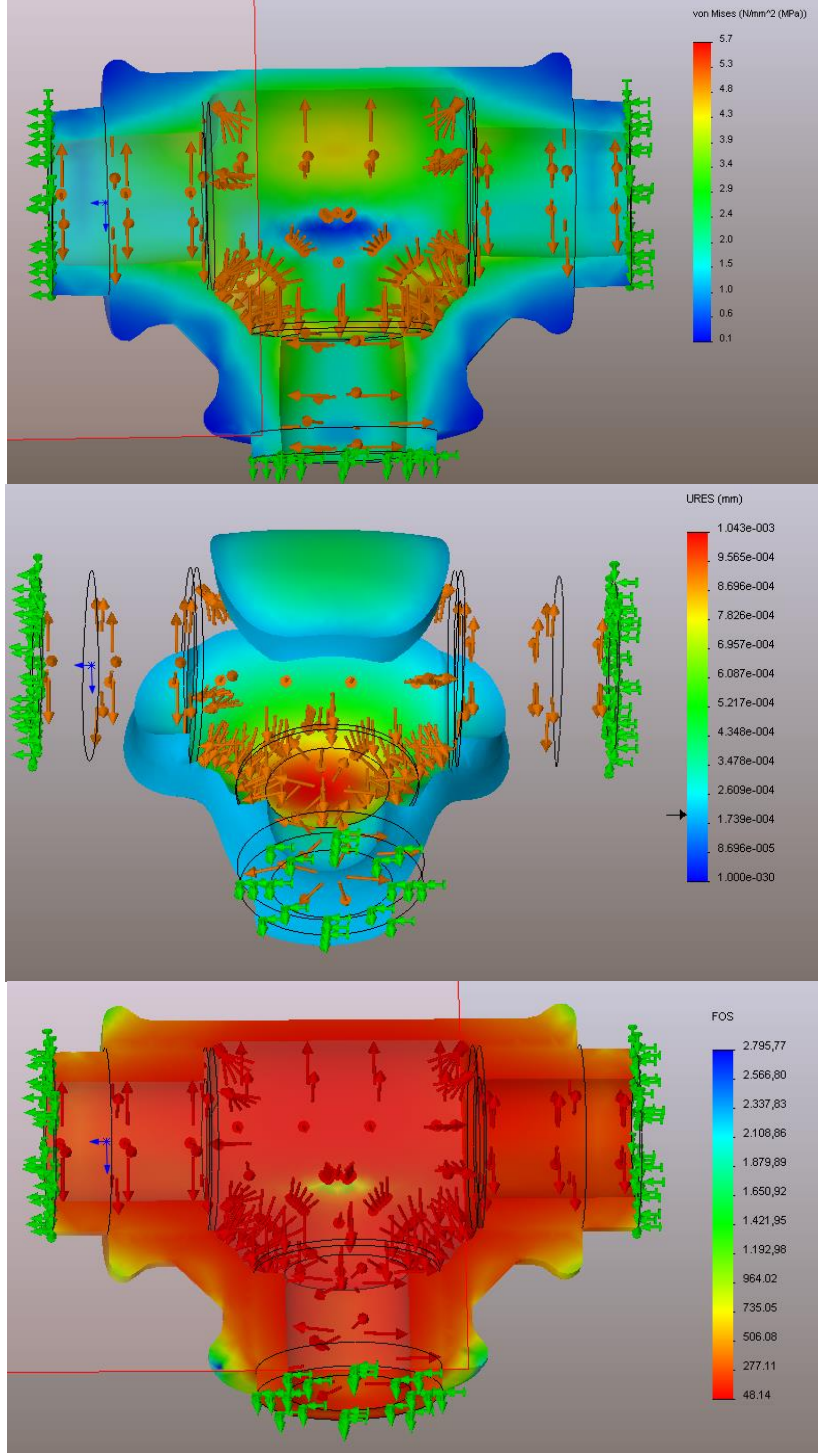
Şekil 5. 3/4" tapada oluşan maksimum gerilme bölgeleri gösterimi (üst), deformasyon miktarı ve maksimum deformasyon bölgeleri (orta), emniyet katsayı (alt)



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.). Dirseklerde 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

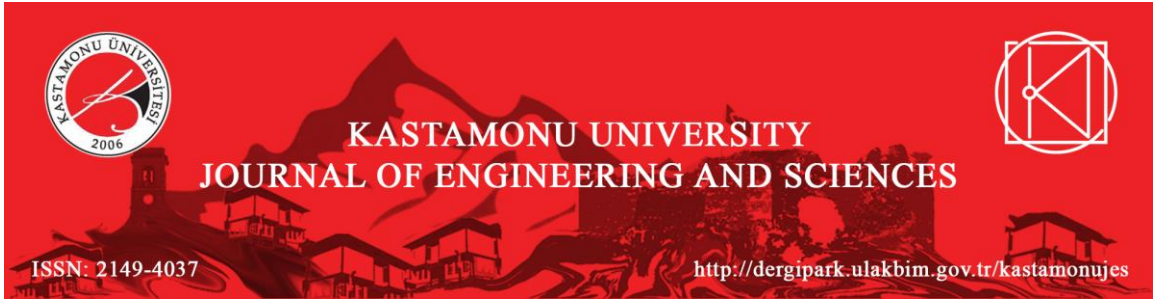
Bu çalışmada katkılarından dolayı Konak Rakor çalışanlarına ve yardımlarından dolayı Fehmi Konaktaş' a teşekkür ederiz.

#### 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.
- Karabalut 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.





## Karbür uçların geri dönüşümü ile kum karıştırıcı prototip üretimi ve montaj tasarımının analizi

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

### ARTICLE INFO

Received: November 26, 2016;

Reviewed: December 05, 2016;

Accepted: December 29, 2016

#### Keywords:

Recycle,  
Carbide Insert,  
Finite elements method,  
Sand mixer,  
Knife design,

#### Sorumlu Yazar:

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

### ABSTRACT

Replaceable carbide tips are used in turning machine and milling machine for precision machining in industry. They are going to junk depending on the time and machining type. These recyclable tips are sold to foreign countries for reshape. For sand mixers used in foundries, imported carbide laminates are not produced in Turkey and their costs are very high. This study investigated different types of sand mixer blades. A new type of blade design has been developed that is inspired by research and produced with recycled carbide Insert. It has been produced as a prototype and has a longer lifetime. To develop this design, the prototype was analyzed using the ANSYS program and the finite element method. Strength enhancing changes have been identified.

### ÖZET

#### Anahtar Kelimeler:

Geri dönüşüm,  
Karbür uçlar,  
Sonlu elemanlar yöntemi,  
Kum karıştırıcı,  
Bıçak tasarımı,

Endüstride karbür takma uçlar freze ve torna tezgâhlarında hassas işleme yapmak için kullanılırlar. Zamana ve işleme şekline bağlı olarak ölçü hassasiyeti bozulduktan sonra hurdaya ayrılırlar. Bu uçlar geri dönüşüm malzemesi olarak yurt dışına satılıp yeniden kullanıma uygun hale getirilmektedir. Dökümhanelerde kullanılan kum karıştırıcılar için Türkiye'de üretimi yapılmayan karbür lamalar ithal edilmektedir ve maliyetleri çok yüksektir. Bu çalışma ile farklı tip kum karıştırıcı bıçaklarının tasarımının araştırması yapılmıştır. Araştırmalardan da esinlenilerek geri dönüşüm karbür uçlar ile üretilen yeni bir tip bıçak tasarımı geliştirilmiştir. Prototip olarak üretilmiş olup kullanım ömrü artırılmıştır. Bu tasarımı geliştirmek için prototipin ANSYS programı ile sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak analizi yapılmıştır. Dayanım artırıcı değişimler belirlenmiştir.

## 1. Giriş

Kum kalıba döküm yapan dökümhanelerde pres ve otomatik makineler ile modelin şekli, derece içerisindeki kuma presleme gücü ile çıkartılır. Dökülen maden sırası ile topuz, cürüflük, yolluk ve modelin şeklini alır. Döküm sürekli olarak yenilendikçe derece bozulur ve kum elenir. Kömür tozu, elenmiş kum ve

çeşitli kimyasal maddeler su ile karıştırılarak istenilen neme sahip döküm kumu elde edilir. Seri üretimde farklı tip kum karıştırıcı ekipmanları kullanılmaktadır. Otomatik hatlarda Şekil 1.a tipi (Çetin Makine) tasarımlar kullanılırken daha ince kum üretimi için ezme sistemli Şekil 1.b (Confield Joseph) tipi tasarımlar kullanılmaktadır. Şekil 1.c (Kum Mikseri) ve Şekil 1.d (Özmaç San) tipi tasarımlar genelde küçük işletmelerde manüel tezgâh olarak kullanılmaktadır. Şekil 1.c tipi tasarımda elmas bıçaklar kullanılırken, Şekil 1.d tipi tasarımda sert metal bıçaklar kumun karışım homojenliğini artırmak için açılı bir tasarım ile kullanılmaktadır. Bu ürünlerden farklı olarak patent araştırılması yapılmış olup farklı tip faydalı modeller incelenmiştir (Hopkins, 1937; Nelson, 1955; Haller, 1978; Frankie, 1981).



**Şekil 1.** Endüstride kullanılan kum karıştırıcı ekipman çeşitleri

Torna ve freze operasyonlarında kullanılan sert metal uçlar zamana ve kullanıma bağlı olarak aşınır veya kırılabilirler (Şekil 2.b). Kullanım ömrü tamamlanmış bu takma uçlar hurdaya ayrılırlar. Çoğu kesici sert metal takma ucun yüzeyi sadece aşınmıştır veya uç kısmında bir kırık mevcuttur. Hassas talaş kaldırma işlemi için kullanılması uygun değildir. İş parçasının yüzey pürüzlülüğünü kesici takımında yer alan aşınmaya bağlı olarak etkiler. Bu hurdaya ayrılan takımlar yurt dışında yeniden toz haline getirilerek yeni takım üretimi için kullanılabilirler.

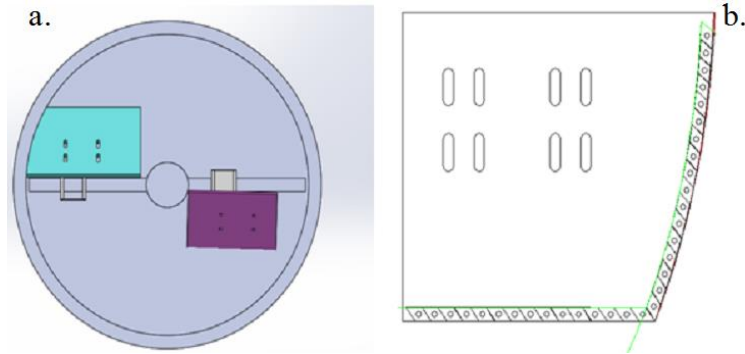
Şekil 1.c tipi bıçak tasarımlarında Şekil 2.a' da yer alan elmas bıçaklar kullanılmaktadır. Ölçüsü 40×10×300 mm'dir. Bu tip bıçakların maliyetleri çok yüksek olup kullanım ömrü 4 aydır ve ithal edilmektedir. Endüstride denenmiş olan sertleştirilmiş metal, sert kaynak ve kauçuk gibi malzemelerin kullanım ömürleri 4 haftayı geçmemiştir. Şekil 2.b' de yer alan atık torna uçlarının dizilmesi sonucunda yeni bir bıçak sistemi tasarımı yapılması hedeflenmiştir (Şekil 3.b).



**Şekil 2. a)** Uzun elmas bıçaklar **b)** Hurda torna uçları

Endüstride ve bilimsel araştırmalarda birçok farklı atık ürünün geri dönüşümü ile ilgili çalışmalar bulunmaktadır (Vatan, 2002; Guruer ve ark., 2004; Karayazgan, 2005; Çığgın, 2006; Duman, 2010; Kozak, 2010). Tekstil ve otomotiv sanayinde üretilmiş ürünlerin atık tipleri ve geri dönüşümü ile uygulama alanları hakkında araştırma çalışmaları yapılmıştır (Vatan, 2002; Kozak, 2010). Elektrik ve elektronik parçaların geri dönüşümü için tesis tasarımı ve kontrolü konularında çalışmalar yapılmıştır (Çığgın, 2006). İnşaat sektöründe farklı tip malzemelerin geri dönüşümü ve kullanım alanları araştırılmıştır (Guruer ve ark., 2004). Titanyum talaşından titanyum karbür üretilmiş ve sert metal olarak değerlendirilmiştir (Duman, 2010). WC-Co esaslı kesici takım uçlarının elektrolitik geri kazanımı sağlanmıştır (Karayazgan, 2005).

Bu çalışma ile hurda torna uçlarının ikinci bir operasyona gerek kalmadan geri dönüşümünün sağlanması amaçlanmıştır. Ayrıca, üretimi yapılan prototipin sonlu elemanlar yöntemi ile dayanım hesaplamaları yapılarak sert metal uçların ve bağlantı plakasının sürtünme kuvveti dayanımı sonlu elemanlar yöntemi ile araştırılmıştır.



Şekil 3. a) Kum karıştırıcı tasarımı b) Geri dönüşüm ürünlerinin yerleşimi

## 2. Materyal ve Metot

### 2.1 Montaj Modelleme

Endüstride yer alan diğer tasarımlar incelendiğinde 70-90° açıda bıçak plakalarının bağlandığı gözlemlenmiştir (Kum Mikseri, 2016). Bu şekil sürtünme kuvvetini artırdığı gibi kumun kalitesini düşürmektedir. Bıçak ömrü bu yüzden de azalmaktadır. Şekil 2.a da yer alan elmas uçlar tutucu çeneler yardımı ile bıçak plakasına bağlanmaktadır. Zamana ve kullanıma bağlı olarak bıçaklarda çatlak oluşumu, çatlak genişliğinde artış ve kırıklar oluşabilir. Tutucu çeneler yetersiz kalır ve elmasın yenisi ile değişimi gerekir.

Atık ürün olarak hurdaya ayrılan elmas uçlar, St52 malzemeden imal edilmiş tutucu gövdeye monte edilmektedir. Endüstride kullanılan Şekil 1.b' de ki tasarım referans alınarak 45° açılı tasarım geliştirilmiştir (Şekil 3.b). Kumun kalitesi bu tasarım geometrisi ile artırılmak istenmiştir. Kum plaka yüzeyinden dönüş yönünün tersine aktarılırken, plaka alanının geniş olmasından dolayı karışımın daha homojen bir yapıya ulaşabileceği düşünülmektedir.

Maksimum sürtünme kuvveti dış çap ve taban süpürmesi yapan bıçakta oluşacağından dolayı, yalnızca dış süpürme bıçağının tasarımı yapılmıştır. Kaynaklı bağlantılar weldment modülü kullanılarak çizilmiştir. Her bir atık takma uç silindirik başlı civata ile bağlanacak şekilde tasarımı yapılmıştır (Şekil 4.a). Zamanla geri dönüşüm elmaslarının aşınması durumunda diğer tasarımda tüm bir elmasın değiştirilmesi gerekirken, yeni tasarımda sadece zarar görmüş baklava dilimi sökölüp yenisi ile değiştirilebilecektir.

## 2.2 Sonlu Elemanlar Yöntemi

Bıçak bağlantı rotorunun hızı; kumun homojen karışabilmesi için 60 dev/dak hızıyla saat yönünde dönmektedir. Rotor dönüş hareketi 5.5 kW motor kullanılarak sağlanmaktadır. Motor tork hesabı aşağıdaki (1) numaralı formül ile yapılabilmektedir (Bozacı A., İlknur K., Çolak Ö. Ü., 2000).

$$Tork = 9550 \times P/n; \quad (1)$$

$$Tork = 9550 \times 3,5 \text{ kW} / 120 \text{ dev/dak} = 278 \text{ N.m}$$

Burada, P Motor gücü, n ise devirdir. Sert uçlarda oluşan kuvvet; sürtünme kuvveti, (2) numaralı formül kullanılarak hesaplanmıştır (Koç ve Şenel, 2011).  $\mu$  sürtünme katsayısı olup, çelik kuru yüzeyi için 0,5 olarak seçilmiştir. Momentin 440 mm'de oluşturduğu kuvvet hesabında ise (3) numaralı formül kullanılmıştır. (Bozacı A., İlknur K., Çolak Ö. Ü., 2000).

$$Fs = \mu \times Fn \quad (2)$$

$$Fn = \text{Kuvvet} \times \text{Kuvvet kolu} \quad (3)$$

Burada  $Fn$  etkien kuvvet,  $Fs$  ise sürtünme kuvvetidir.

$$Fn = 278 \text{ N.m} / 0,44 \text{ m}$$

$$Fn = 630 \text{ N' dur}$$

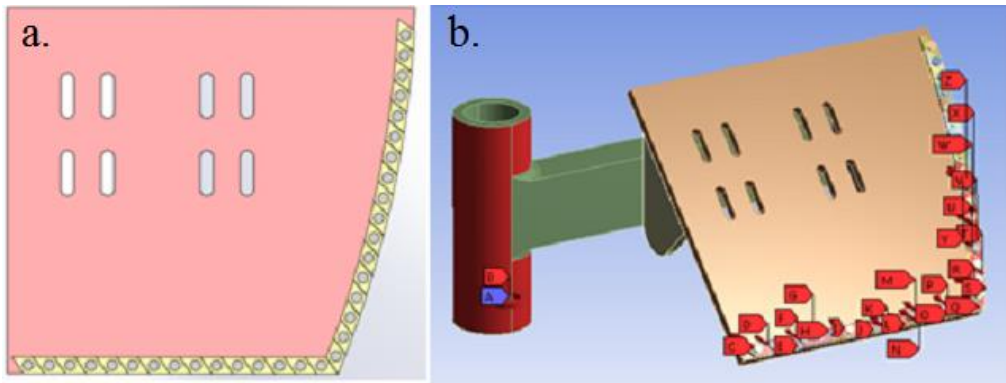
$$Fs = 0,5 \times 630 \text{ N}$$

$$Fs = 315 \text{ N}$$

Tablo 1'de sert metal uçların ve konstrüksiyon malzemelerinin mekanik özellikleri yer almaktadır (Azom, 2016). Bu sabit değerler analiz yapılmak üzere girdi olarak sisteme aktarılmıştır. Hesaplanan kuvvetlerin uygulama yüzeyleri şekil 4.b' de gösterilmiştir.

**Tablo 1.** Malzemelerin mekanik özellikleri

Adı	Cinsi	Akma Dayanımı (MPa)	Çekme Dayanımı (MPa)	Elastikiyet Modülü (MPa)	Öz kütle (Kg/m <sup>3</sup> )
Bağlantı Malzemeleri	St-52	400	600	200,000	7700
Karbürler	WC-Co %6	1800	1800	600,000	14900

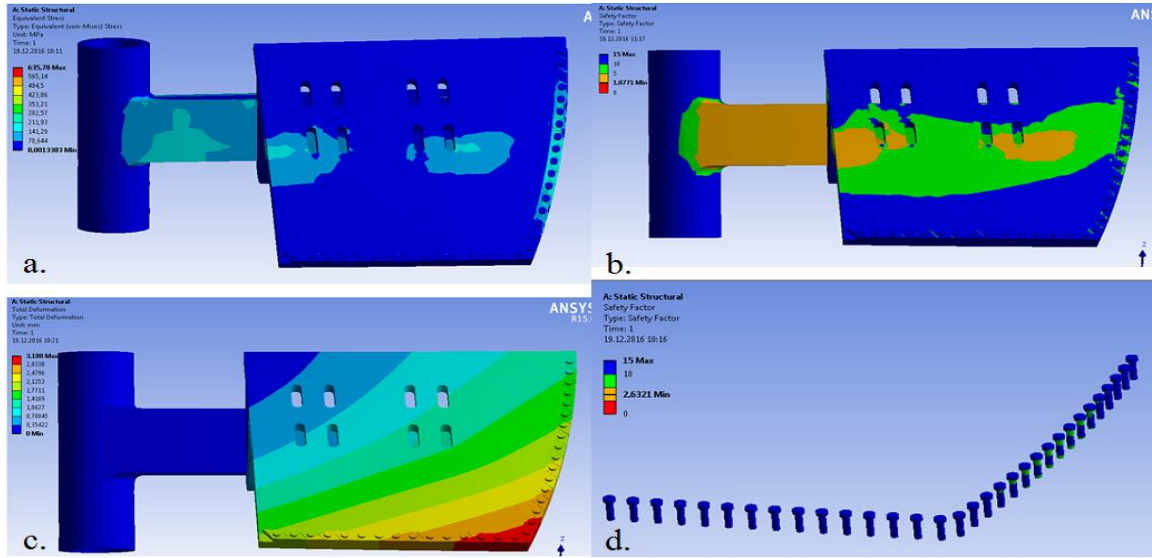


**Şekil 4.** a) Bıçak tasarımı b) Analiz düzeneği tasarımı

Sonlu elemanlar metodu kullanılarak yapılacak olan analiz çalışmaları sonuçları geliştirilen tasarımın prototip üretimi ile karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Bu çalışma ile hem geri dönüşüm hem de endüstriyel bir ürünün tasarımında optimizasyon sağlanmış olacaktır.

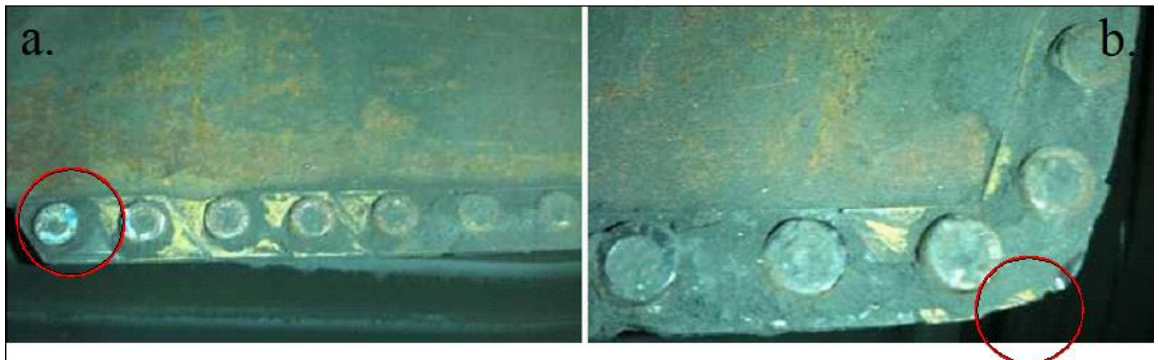
### 3. Sonuçlar

Kum karıştırıcı bıçağının montaj tasarımının analizi ANSYS programı ile yapılmıştır. Tasarımda maksimum gerilme miktarı 635 MPa olarak yan bıçak bağlantı alanında ve bıçak bağlantı tablasının ortasında gözlenmiştir (Şekil 5.a). Emniyet katsayısı ana tutucu dikdörtgen profilinde 1,07 olarak ölçülmüştür (Şekil 5.b). 440 mm uzunluğundaki kolda 0,6 mm'ye varan elastik deformasyon gözlenmiştir (Şekil 5.c). Cıvata bağlantı yan yüzeyleri emniyet katsayısı 2,6'dır (Şekil 5.d).



Şekil 5. a) Maksimum gerilme miktarı b) emniyet katsayısı c) yer değiştirme d) bağlantı cıvataları emniyet katsayısı

Montaj tasarımı yapılmış makine parçaları plazmada kestirilmiştir. Kesim parçaların imalat resmine göre kaynak işlemleri yapılmıştır. Geri dönüşüm elmas takma uçlar silindirik başlı cıvatalar ile bağlantısı yapılarak dökümhanede kum karıştırma işlemine denenmiştir. Silindirik başlı cıvataların alyan ağzı kısmında aşınmalar gözlemlenmiştir (Şekil 6.a). Şekil 6.b' de gösterildiği üzere ilk kırılmalar küçük miktarda bıçağın uç kısmında gözlemlenmiştir.



Şekil 6. a) Bıçak alt yüzeyi b) uç noktası

#### 4. Sonuçların Değerlendirilmesi

Yeni bir tip kum karıştırıcı bıçağı tasarımı ile ithal elmas çubukların yerine; hurda kesici takımlar kullanılarak kum karıştırma işlemi yapılabilmektedir. Yeni tip bıçak kum karıştırıcı makinesine montaj edildikten sonra, eski tip bıçak sistemi farklı bir kum karıştırıcıya montajı gerçekleştirilmiştir (Kum mikseri, 2016). Bu iki sistem karşılaştırmalı olarak 30 ay boyunca test edilmiştir. Yeni tip kum karıştırıcı bıçağında sert metal geri dönüşümü dışında farklı olumlu sonuçlar gözlemlenmiştir. Kumun kalitesi ve homojenliği artırılmıştır. Elmas bıçak ömrü 4 aydan 12 aya çıkartılmıştır. Ayrıca kırılan takma uçlar yeniden hurda malzeme olarak ayrılmaktadır. Yurt dışına toz üretim hurda malzemesi olarak satılabilmektedir.

Uzun elmas çubuklar sipariş üzerine yurt dışından gelmektedir (Şekil 2.a). Stokta yedek parça gereksinimi vardır. 1 adet elmas çubuk fiyatı 300 Euro'dur. 14 adet takma uç bıçak alt kısmında kullanılmakta olup 8 euro fiyatla hurda takım satıcılarından temin edilebilmektedir (Şekil 2.b). Türkiye'de bu tip bir tasarımı kullanacak en az 300 adet dökümhanenin olduğu tahmin edilmektedir. Her biri yılda 3 kez ithalat ile elde ettiği maliyetli karbür parçalar yerine bu tip bir yerli tasarım kullanarak üretim maliyetlerini azaltabilecektir.

Bu prototip ürünün faydalı model belgesi alındıktan sonra ticarileşmesi istenmektedir. 5 yıllık bir üretim sonunda 1,000,000 euro'yu bulan bir tasarruf öngörülmektedir. Farklı tip makine ekipmanlarının bıçak sistemlerinde de benzer tasarımların ortaya çıkabileceği düşünülmektedir.

Literatürde farklı tip mazemelerin geri dönüşümü ile ilgili çalışmalar yer almaktadır (Vatan, 2002; Guruer ve ark., 2004; Karayazgan, 2005; Çığgın, 2006; Duman, 2010; Kozak, 2010). Bu çalışma ile hurda ürünlerin kullanım alanları artırılmıştır. Yurt dışına bağımlılığın önüne geçilecektir. Üniversite işbirliği ile sanayide mevcut olan bir problemin giderilmesi sağlanarak katma değer oluşturulmuştur. İmalatın sürekliliğine katkı sağlanmıştır.

Analiz sonuçları incelendiğinde; bıçak bağlantı yüzeyinin orta noktasının emniyetsiz olduğu gözlemlenmiştir. Bu bölgenin güçlendirilmesi gerekliliği ortaya çıkmıştır. 1,7 - 3,1 mm elastik deformasyon miktarı sayesinde karıştırıcı bıçaklara gelen herhangi bir çapağın etkisi ile sert metallerin kırılmasının önüne geçilebilecektir. Cıvata bağlantılarının emniyeti 2,6'dır ve dinamik yükleri için en az 5-8 aralığında olması gerekir. Özellikle yan yüzeylerde yer alan uçların bağlantı mekanizmasının farklı bir tip tutucu ile geliştirilebileceği düşünülmektedir.

#### 5. Teşekkürler

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

#### 6. Kaynaklar

- Azom, (2016). <http://www.azom.com/article.aspx>, Aralık 2016
- Bozacı A., İlknur K., Çolak Ö. Ü. (2000), Makine Elemanlarının Projelendirmesi, Çağlayan Kitapevi
- Canfield Joseph (2016). [www.canfieldjoseph.com](http://www.canfieldjoseph.com), Kasım 2016
- Çığgın CT. (2006). Elektrikli ve elektronik ekipman atıklarının geri kazanımı için tesis konstrüksiyonu ve sistem parametrelerinin araştırılması, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul: Türkiye.
- Çetin Makine (2016). <http://www.cmscetinmakina.com>, Aralık 2016
- Donald M. Frankie (1981). US4304493 A.
- Duman Dilek (2010). Titanyum talaşından titanyum karbür üretimi ve sert metal üretiminde kullanımı, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul: Türkiye.
- Fedoryszyn A., Rudy Cz. (2009). Operating characteristics of turbine mixers based on the analysis of power demand of the mixer's drive, Archives of Foundry Engineering, 65-68.

- Guruer C., Akbulut H., Kuruklu G. (2004). İnşaat endüstrisinde geri dönüşüm ve bir hammadde kaynağı olarak farklı yapı malzemelerinin yeniden değerlendirilmesi, Afyon Kocatepe Üniversitesi Dergisi, 28-36.
- Hartley Nelson (1955). US2709843 A.
- Karayazgan Nur (2005). WC-Co Esaslı kesici takım uçlarının elektrolitik geri kazanımı, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul: Türkiye.
- Koç E., Şenel MC. (2011). Kuru Sürtünme Deneyi Deney Föyü.
- Kozak M. (2010). Tekstil atıkların yapı malzemesi olarak kullanım alanlarının araştırılması, Yapı teknolojileri elektronik dergisi, Cilt (6), 62-70.
- Kum Mikseri (2016). <http://ticiz.com/p53937-kum-mikseriharc-karistirici.html>, Aralık 2016
- Kum Sung Min (2008). Development of the dryer designed for mixture and drying, Dep. Eng. Mech., 327-333.
- Özmaç-San (2016). <http://www.ozmak-san.com.tr>, Aralık 2016
- Robert C Hopkins (1937). US2207011 A.
- Vatan C. (2002). Plastik malzemelerin geri dönüşümü. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul: Türkiye.
- Walter Haller (1987). US4096587 A.



## Alaşımız Çelik Levhaların A-TIG Kaynağında Kaynak Parametrelerinin ve Macunun Dikiş Derinliğine Tesirleri ve Optimizasyonu

Memduh Kurtulmuş

Marmara Üniversitesi Uygulamalı Bilimler Yüksekokulu, Göztepe Kampusu, 34722 Kadıköy/İSTANBUL

### ARTICLE INFO

Received: August: 16.2016

Reviewed: September: 19. 2016

Accepted: October: 22. 2016

#### Keywords:

TIG welding,  
A-TIG welding,  
A-TIG welding paste,  
A-TIG welding parameters,  
Optimization.

#### Corresponding Author:

\*E-mail: memduh@marmara.edu.tr

### ABSTRACT

Influence of seam depth of welding method investigate TIG and A-TIG welding of non alloy steel. Welding paste is produced mixing Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> and powder with acetone in the A-TIG welding. The end of experiments, TiO<sub>2</sub> powder has been found to give a deeper seams. The acetone volume ratio in TiO<sub>2</sub> flux must be 6:1 to give the best penetration. In case of increasing the welding current, seam depth on A-TIG welds increase more than the TIG welding. The increasing ratio of seam depth relate in the high current values. With the increase of welding speed decreases advantage seam depth of A-TIG welding.

### ÖZET

#### Anahtar Kelimeler:

TIG kaynağı,  
A-TIG kaynağı,  
A-TIG kaynağı macunu,  
A-TIG kaynak parametreleri,  
Optimizasyon

Alaşımız çeliklere TIG ve A-TIG kaynakları yapılarak kaynak yönteminin dikiş derinliği üzerindeki etkisi incelenmiştir. A-TIG kaynaklarında Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ve TiO<sub>2</sub> tozları aseton ile karıştırılarak kaynak macunu üretilmiştir. Yapılan deneyler sonunda, TiO<sub>2</sub> tozunun daha derin dikiş verdiği tespit edilmiştir. TiO<sub>2</sub> tozu hacminin 6 katı aseton ile karıştırılarak hazırlanan macun en derin dikişleri vermiştir. Kaynak akımının yükseltilmesi halinde, A-TIG kaynaklarında dikiş derinliği TIG kaynaklarına nazaran daha fazla artmaktadır. Dikiş derinliğindeki artış oranı yüksek akım değerlerinde daha fazla gerçekleşmektedir. Kaynak hızının artması ile A-TIG kaynağı derin dikiş avantajı azalmaktadır.

## 1. Giriş

TIG kaynak yöntemi yüksek kalitede dikiş veren bir kaynak yöntemidir. Bu yöntemde düşük kaynak enerjisi ve kaynak ilerleme hızında kaynak yapıldığından elde edilen dikiş derinliği çok küçük olmaktadır. Kaynak parçasının kalınlığı arttıkça TIG yöntemi ekonomik olmaktan çıkmaktadır [1]. Parça kalınlığının artması ile ekonomik açıdan olumsuz hale gelen bu kaynak yöntemini kimyasal bileşimdeki tozlar aseton veya alkol ile karıştırılarak macun haline getirilerek hazırlanan macun kaynak bölgesi yüzeyine sürülmek suretiyle nufuziyeti arttırmak temel amaçtır. Aseton veya alkol oda sıcaklığında buharlaştıktan sonra standart TIG kaynak makinası, torcu ve tungsten elektrotu ile TIG kaynağı yapılır. İş parçası yüzeyine yapışmış toz malzeme olduğundan bu kaynağa A-TIG adı verilmiştir [2]. A-TIG kaynağı sırasında iş parçası yüzeyindeki tozlar yüksek ark sıcaklığında erimekte ve kısmen parçalanmaktadır [2]. Parçalanmayan sıvı tozlar kaynak dikişi üzerinde katılaşmaktadır [3]. Toz atomlarından kaynak plazma sütununa geçenler sütun genişliğini azaltmaktadır [4]. Daralan plazma sütunu ark sütunu kökünde akım yoğunluğunu yükselterek kaynak dikişi derinliğini arttırmaktadır [2]. Tozdan sıvı kaynak havuzuna geçen oksijen atomları ise sıvı metaldeki karıştırma hareketini yüzeyden merkeze doğru olmasını sağlayarak dikiş derinliğinde artışa yol açmaktadır [5]. A-TIG kaynak yöntemi ile TIG kaynak yönteminin dikiş derinliğini



3 misline kadar arttırmak mümkün olmuştur [2]. A-TIG kaynak yöntemi ilk olarak titanyum alaşımlarına uygulanmıştır [6]. Bu yöntem en fazla ostenitik paslanmaz çelik [7], magnezyum [8] ve titanyum [9] alaşımlarına uygulanmıştır. Alaşımsız çeliklerin literatürde A-TIG kaynak uygulamaları hakkında yetersiz sayıda yayın [10-17] mevcuttur TIG kaynak işlemi sahip olduğu avantajlara bağlı olarak birçok uygulama şekline sahiptir. Kaynak parçasına konsantre ısıtma sağlar, inert koruma gazı sayesinde kaynak havuzuna efektif koruma sağlar, dolgu malzemesinden bağımsız olabilir, curuf ya da çapak oluşumu olmadığı için kaynak parçasını yeniden temizlemeye ihtiyaç yoktur, ayrıca ulaşılması zor olan bölgeler bile rahatça kaynaklanabildiği gibi bir çok acantajından dolayı tercih edilmektedir [10-14]. Uygulama alanları olarak; offshore sanayii, birleşik ısı ve güç alanları, petrokimya sanayii, gıda sanayii, kimya sanayii, nükleer sanayinde yaygın olarak kullanılmaktadır[15-17].

Bu çalışmanın amacı, kaynak akım şiddetinin, kaynak ark geriliminin, toz cinsinin ve hazırlanan macundaki aseton oranının alaşımsız çeliklerin A-TIG kaynağı dikiş derinliği üzerindeki etkilerini ortaya çıkarmaktır. Deney sayısını minimum seviyede tutabilmek için Taguchi yönteminden [18] yararlanılmıştır.

## 2. Deneysel Çalışmalar

Yapılan deneylerde St42 çelik levhalar üzerine toz sürülmeden, TiO<sub>2</sub> tozu veya Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> tozunun aseton ile karıştırılmış macun sürülerek, farklı akım şiddeti ve ark gerilimi ile TIG kaynağı yapılmıştır. Deneyde kullanılan levhalar 150x100x10 mm boyutundadır. Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> tozundan hazırlanan macunda toz/aseton hacim oranı 1/3 sabit tutulurken TiO<sub>2</sub> macununda oran 1/3 ile 1/7 arasında değiştirilmiştir. Macun sürülmeden önce iş parçalarının yüzeyi aseton ile yıkanarak temizlenmiştir. Tozlar aseton ile bir kaşık yardımı ile bir kab içerisinde karıştırıldıktan sonra fırça yardımıyla parça yüzeyine sürülmüştür. Yüzeyine macun sürülen iş parçaları oda sıcaklığında 15 dakika bekletilerek asetonun buharlaşması sağlanmıştır. Bundan sonra parçaların üzerine tel ilavesiz TIG yöntemi ile kör dikiş çekilmiştir. Yapılan kaynak işlemlerinde çapı 2,4 mm olan W + %2 ThO<sub>2</sub> TIG kaynak elektrotu kullanılmıştır. Bütün kaynaklarda ark yüksekliği: 2 mm, elektrot açısı 60 derece, koruma gazı argon ve gaz üfleme debisi 12 litre/dakika sabit tutulmuştur. Kaynaklarda akım şiddeti 80-210 Amper arasında ve kaynak ilerleme hızı 10-22 mm/dakika arasında değiştirilmiştir.

Her kaynak parçasının ortasından kaynak ilerleme yönüne dik kesitler mekanik kesme ile çıkarılmıştır. Kesilen parçalar bakalite alınmıştır. Daha sonra bakalite alınan numunelerin yüzeyleri sırasıyla 180, 240, 320, 400,600, 800 ve 1000 kum zımparası ile zımparalanmıştır. Hazırlanan yüzeyler % 8 nital ile dağlanarak makro görüntüler elde edilmiştir. Bu görüntüler optik mikroskopta incelenmiştir. Dikiş yüzey görüntüsü üzerinden ölçümler yapılarak her kaynağın dikiş derinliği ölçülmüştür.

**Tablo 1.** St 42 çeliğinin kimyasal ve mekanik özellikleri

ST 42	Çekme	Akma	%	%C	%Si	%Mn	%P	%S	%N	%Cu
	Dayanımı (MPa)	Dayanımı	Uzama							
	400-440	245-255	21	0,24	-	1,60	0,045	0,045	0,014	0,60

## 3. Deneysel Sonuçlar

Deneysel çalışmalar gruplar halinde tasarlandığından deney sonuçları ve tartışmaları da farklı gruplar halinde aşağıda verilmiştir.

### 3.1. Taguchi (Optimizasyon) Deneyleri

Ön deneylerin sonuçlarından faydalanılarak Taguchi deneylerinde 3 kaynak değişkeni seçilmiştir. Bu kaynak değişkenleri Tablo 2'de verilmiştir. TiO<sub>2</sub> macunu ile yapılan A-TIG kaynaklarında, A-

TIG(TiO<sub>2</sub>), toz/aseton hacim oranı 1/4 olmuştur. Bu çalışmada 4 sütunlu ve 9 satırlı (L9) deney düzeni seçilmiştir. Bu L9 düzeni Tablo 3’de görülmektedir. Her sütun tek bir kaynak değişkenine ayrılmıştır 4.ncü ise sütun deney hatalarına ayrılmış ve boş bırakılmıştır. Tasarlanan 9 deney sonunda üç kaynak değişkeninin dikiş derinliği üzerindeki etkisinin bulunması amaçlanmıştır

**Tablo 2.** Kaynak değişkenleri ve seviyeleri

Sembol	Kaynak değişkeni	Birimi	Seviye 1	Seviye 2	Seviye 3
A	Kaynak yöntemi		TIG	A-TIG(Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	A-TIG(TiO <sub>2</sub> )
B	Kaynak akımı	Amper	80	130	180
C	Kaynak hızı	mm/s	10	15	20

**Tablo 3.** L9 Taguchi deney düzeni

Deney No	Kaynak değişkeni			Hata
	A	B	C	
1	TIG	80	10	
2	TIG	130	15	
3	TIG	180	20	
4	A-TIG(Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	80	15	
5	A-TIG(Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	130	20	
6	A-TIG(Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	180	10	
7	A-TIG(TiO <sub>2</sub> )	80	20	
8	A-TIG(TiO <sub>2</sub> )	130	10	
9	A-TIG(TiO <sub>2</sub> )	180	15	

Taguchi deney numunelerinde elde edilen dikiş derinlikleri ve bunlardan hesaplanan Sinyal/Gürültü(S/G) oranları Tablo 4’de verilmiştir. Taguchi tarafından her deneyin arzu edilen değerden sapma derecesini bulmak için S/G oranı tanımlanmıştır [18]. Tasarlanan deneylerde derin dikiş elde etmek amaçlandığından, deneylerde en yüksek en iyi kriteri benimsenmiştir. Bu kriter gereğince yapılan hesaplamalara ait formüller literatürde detayı ile mevcuttur [19,20]. Tablo 3’deki S/G oranlarından faydalanılarak her kaynak değişkeninin her seviyesine ait S/G oranı hesaplanmıştır elde edilen sonuçlar Tablo 5’te verilmiştir. Ayrıca bütün deneylerin ortalama S/G oranı hesaplanmıştır. Ortalama S/G oranı 5,74 dB olarak bulunmuştur. Tablo 5’teki sonuçlardan faydalanılarak Şekil 1’deki grafikler çizilmiştir. Her kaynak değişkeninin deney seviyesine göre S/G oranının değişimi Şekil 1’de grafikler halinde gösterilmiştir. Bu çalışmada en yüksek en iyi kriteri benimsendiğinden her kaynak değişkeninde en büyük

**Tablo 4.** Taguchi deneylerinde elde edilen dikiş derinlikleri ve bunların S/G oranları

Deney No	Dikiş derinliği, mm	Hesaplanan S/G oranı, dB
1	1,11	0,91
2	1,82	5,20
3	2,08	6,36
4	1,14	1,14
5	2,02	6,11
6	3,16	9,97
7	1,25	1,94
8	2,66	8,50
9	3,79	11,57

S/G oranını veren deney seviyesi en derin dikiş derinliğini veren koşul olmaktadır. Kaynak yöntemi değişken grafiğine göre en düşük S/G oranı TIG kaynağında elde edilirken en yüksek S/G oranı TiO<sub>2</sub> ile yapılan A-TIG kaynağında elde edilmektedir. Kaynak akım şiddeti arttıkça kaynak enerjisi arttığından [21] dikiş derinliği ve S/G oranı artmaktadır. Kaynak hızı arttığında kaynak enerjisi arttığından dikiş derinliği ve dolayısıyla S/G oranı azalmaktadır. Şekil 1'e göre en büyük dikiş derinliğini elde etmek için A3B3C1 kaynak değerleri seçilmelidir. Bu değerlere göre 180 Amper kaynak akımı ve 10 mm/s kaynak ilerleme hızı ile yapılan TiO<sub>2</sub> macunlu A-TIG kaynağı en derin dikiş verecektir.

**Tablo 5.** Kaynak derinliği için ortalama S/G oranları.

Sembol	Kaynak Değişkeni	Ortalama S/G oranı,dB		
		Seviye 1	Seviye 2	Seviye 3
A	Kaynak yöntemi	4,16	5,74	7,34
B	Kaynak akımı	1,33	6,60	9,30
C	Kaynak hızı	6,47	5,97	4,80

Tablo 5'teki sonuçlar incelendiğinde ise en yüksek frekansa sahip parametrenin kaynak dikişine etkisi anlaşılır. Kaynak akımının 9.30 frekans değeri ile en etkin parametre olduğu buradan da açıkça anlaşılmaktadır. Bu parametrelerin etkilerini daha açık ortaya koymak ve parametrelerin birbiri ile olan ilişkisini tespit etmek için Minitab 16 istatistik programından yararlanılmıştır. Bu program vasıtasıyla kaynak parametreleri etkinlik oranları elde edilmiştir. Bu hesaplamalara ANOVA, Taguchi değişken analizi, adı verilmektedir. Bu analizin detayı da literatürde mevcuttur [19,20].

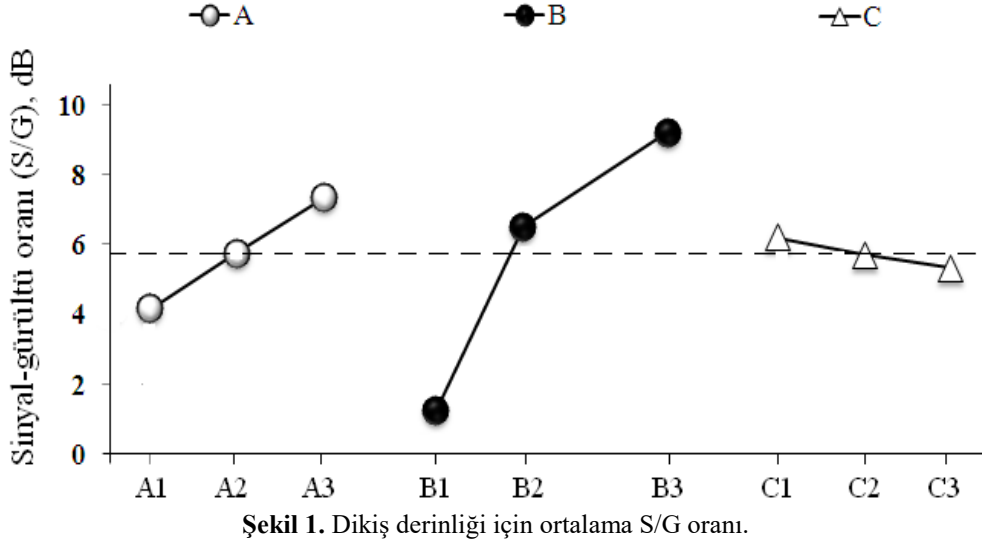
**Tablo 6.** Kaynak dikişi değişken analizi (ANOVA) sonuçları.

Sembol	Kaynak Değişkeni	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	Etkinlik yüzdesi
A	Kaynak yöntemi	2	1,2063	0,6031	17,32
B	Kaynak akımı	2	5,1091	2,5545	72,90
C	Kaynak hızı	2	0,4988	0,2494	7,12
Hata		2	0,1867	0,0933	2,66
<b>Toplam</b>		<b>8</b>	<b>7,0008</b>		<b>100</b>

Tablo 6'da dikiş derinliği için ANOVA analizi gösterilmektedir. Kaynak parametreleri ile elde edilen optimizasyon deneylerinde sonra yapılan ANOVA analizi sonrasında etkinlik (katkı) yüzdelere bakıldığında en yüksek katkı % 72.9 ile Kaynak akımı (B faktörü) olurken ikinci en önemli faktör ise %17.32 oranı ile kaynak yöntemi (A faktörü) ile sağlanmıştır. Bu iki faktör optimum kaynak dikiş derinliği elde etmek için için yaklaşık %90'lık bir öneme sahiptir. Ayrıca, kaynak hızının % 7.12 oranında bir etkisi olduğu hesaplanmıştır. ANOVA analizi sonucunda hata oranı %2.66 olmuştur. Optimizasyon çalışmalarında oluşan hata miktarının %5'in altında olması, yapılan optimizasyonun kabul edilebilirliğini göstermektedir. Elde edilen %2.66'lık oran yapılan optimizasyonun geçerliliğini açıkça göstermektedir.

Yapılan deneysel çalışma sonucunda bu malzeme grubu için yapılacak A-TIG kaynaklarının kaynak parametrelerini seçerken en önemli faktör olan kaynak akımı ve kaynak yönteminin üzerinde durulması gerekir. Ayrıca kaynak hızının da belirli aralıklarda seçilmesi gereklidir (Şekil 1). Kaynak yönteminde sadece A2 ve A3 seviyesi, Kaynak akımında B2 ve B3 seviyesinde, Kaynak hızında ise sadece C1 seviyesinde olması kaynak dikiş derinliği için çok büyük önem arz etmektedir (Şekil 1).

ANOVA ve ortalama S/N oranı etki grafiği analizlerinden optimum dikiş derinliği veren kaynak parametreleri en büyük-en iyi kriterine göre incelenmiştir. Karşılaştırma deneylerinin yapılabilmesi için en iyi (optimum kaynak parametresi) ve orta değerlerin (başlangıç parametresi) karşılaştırılması gerekmektedir. Bunun için en iyi olarak Şekil 1'den A2B2C2, A-TIG(TiO<sub>2</sub>)kaynak yöntemi, 180 Amper kaynak akımı, 10 mm/s kaynak hızı olarak tespit edilmiştir. Şekil 1'deki S/N grafiğinden her parametre için orta sonuç alınarak bu sefer başlangıç kaynak parametreleri (A2B2C2) elde edilmiştir.



Şekil 1. Dikiş derinliği için ortalama S/G oranı.

Yapılan deneysel çalışma sonucunda bu malzeme grubu için yapılacak SKNK'nın kaynak parametrelerini seçerken en önemli faktör olan kaynak akımı ve kaynak yönteminin üzerinde durulması gerekir. Ayrıca kaynak hızının da belirli aralıklarda seçilmesi gereklidir (Şekil 1). Kaynak yönteminde sadece A2 ve A3 seviyesi, Kaynak akımında B2 ve B3 seviyesinde, Kaynak hızında ise sadece C1 seviyesinde olması kaynak dikiş derinliği için çok büyük önem arz etmektedir (Şekil 1).

ANOVA ve ortalama S/N oranı etki grafiği analizlerinden optimum dikiş derinliği veren kaynak parametreleri en büyük-en iyi kriterine göre incelenmiştir. Karşılaştırma deneylerinin yapılabilmesi için en iyi (optimum kaynak parametresi) ve orta değerlerin (başlangıç parametresi) karşılaştırılması gerekmektedir. Bunun için en iyi olarak Şekil 1'den A2B2C2, A-TIG(TiO<sub>2</sub>)kaynak yöntemi, 180 Amper kaynak akımı, 10 mm/s kaynak hızı olarak tespit edilmiştir. Şekil 1'deki S/N grafiğinden her parametre için orta sonuç alınarak bu sefer başlangıç kaynak parametreleri (A2B2C2) elde edilmiştir.

Tablo 7. Karşılaştırma deneylerinin sonuçları.

	Basınç	Optimum Kaynak		İYİLEŞTİRME
	Parametreleri	Parametreleri ile Yapılanlar		
	(Deneysel)	Hesaplanan	Deneysel	
Parametre seviyesi	A2B2C2	A3B3C1	A3B3C1	
Dikiş derinliği, mm	2,29	3,66	3,76	<b>%64.0</b>
Hesaplanan S/N Oranı (dB)	6,82	11,62	11,93	

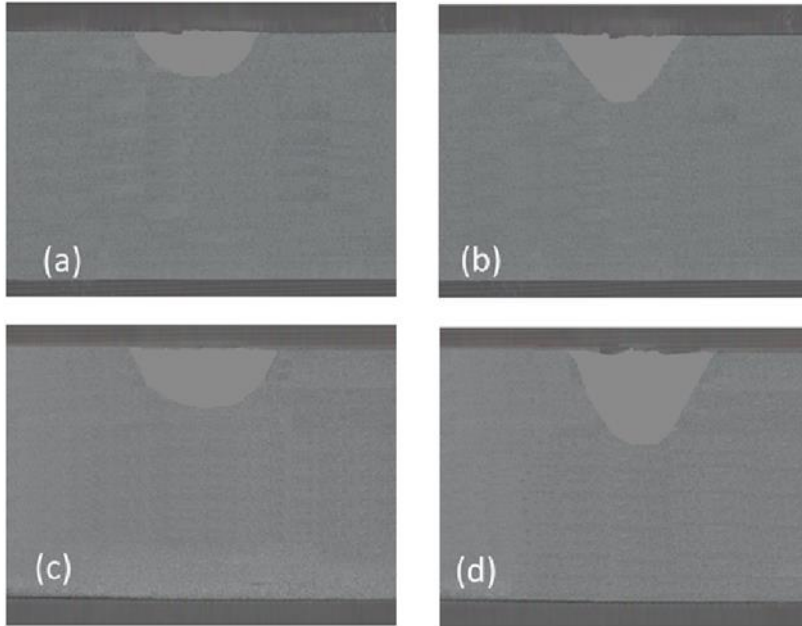
Karşılaştırma deneylerini için hem optimum kaynak parametrelerinde hem de başlangıç parametrelerinde 4 deney yapılarak ortalama kaynak kopma kuvveti ve S/N oranları elde edilmiştir. Tespit edilen deney parametrelerine ait sonuçların karşılaştırılması sayesinde yapılan optimizasyonun doğruluğu irdelenmiştir. Parametrelerin karşılaştırılması optimum kaynak parametrelerine göre elde edilen değerlerin başlangıç parametresine göre oranlanması ile elde edilmiştir. Kaynak dikiş derinliğinde % 64 oranında ve S/N oranında 5.20 dB artış sağlandığı görülmüştür. Karşılaştırma deneylerinin S/N oranları ve kaynak dikiş derinliği değerleri Tablo 7'de gösterilmiştir. Burada hesaplanan değer ile deneysel sonuç arasında büyük

farklılık ortaya çıkmıştır. Seçilen parametrenin doğru seçildiği ve öngörülenden daha fazla dikiş derinliği değerine ulaştığı anlaşılmaktadır.

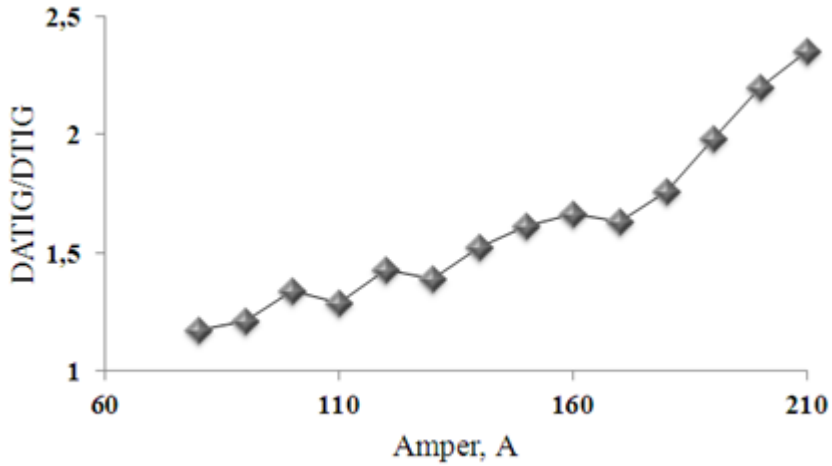
### 3.2. Kaynak Akım Deneyleri

Tablo 6'daki sonuçlara göre dikiş derinliğinde kaynak akımının etkisi en etkili değişken olmaktadır. Bu sonuç direkt olarak Taguchi deneylerinde seçilen kaynak akım seviyelerine bağlıdır. A-TIG kaynağının TIG kaynaklarında elde edilen dikiş derinliği üzerindeki etkisi beklenilenden düşük bulunmuştur. Bu alışılmamış sonuca göre literatürde belirtilen A-TIG kaynak yönteminin dikiş derinliğinde sağladığı avantaj bu çalışmada elde edilemediğinden daha detaylı deneyler tasarlanmıştır. İlk olarak kaynak akımının etkisi incelenmiştir. Bu deneylerde kaynak hızı 10 mm/s olarak sabit tutulmuştur. TIG kaynağı ve Taguchi deneylerinde derin dikiş veren A-TIG (TiO<sub>2</sub>) yöntemi kullanılmıştır. A-TIG (TiO<sub>2</sub>) kaynağında toz/aseton hacim oranı 1/4 olmuştur. Kaynak akımı 80-210 Amper arasında değiştirilmiştir. Her deneyde elde edilen dikiş derinliği (D) metalografik olarak ölçülmüştür.

Şekil 2'de 120 ve 180 Amper akım ile yapılan TIG ve A-TIG kaynak dikişlerinin kesitleri görülmektedir. Her akım şiddetinde A-TIG kaynağı TIG kaynağından daha derin olmuştur. Her iki kaynak yönteminde akım şiddeti ile kaynak enerjisi arttığından dikiş derinliği artmıştır [21]. Ancak A-TIG kaynağında daha büyük dikiş derinliği artışı elde edilmiştir. TIG ve A-TIG kaynaklarının dikiş derinliğini karşılaştırmak için bu kaynakların dikiş derinlikleri (DA-TIG ve DTIG) ölçüldükten sonra bunların oranlaması yapılarak DA-TIG/DTIG hesaplanmıştır. Şekil 3'de DA-TIG/DTIG oranının kaynak akım şiddeti ile değişimi görülmektedir. 80-170 Amper arasında oldukça az miktarda artan DA-TIG/DTIG oranı 170 Amperden sonra hızla yükselmektedir. 80 Amper ile yapılan kaynaklarda DA-TIG/DTIG oranı sadece 1,17 olmuştur. Kaynak akımı 80 Amperden 170 Ampere çıkana kadar DA-TIG/DTIG oranı 1,63'e kadar yükselmiştir. Belirtilen akım aralığında artan akım ile TIG kaynağı derinliği artarken A-TIG kaynağı daha fazla derinlik artışı sağladığından DA-TIG/DTIG oranı yükselmiştir. Akım şiddeti 170 Amperin üzerine çıktıkça oran şiddetle büyümüştür. Bu artış A-TIG kaynağının TIG kaynağına nazaran belirgin avantajının yüksek akım şiddetlerinde gerçekleştiğini göstermektedir. Benzeri bir sonuç 9Cr-1Mo çeliklerinde elde edilmiştir [22].



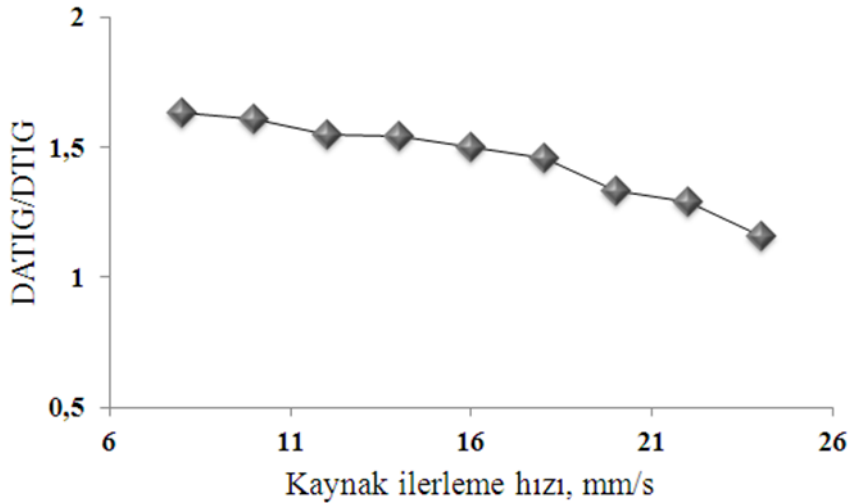
Şekil 2. TIG ve A-TIG kaynaklarında dikiş derinlikleri a) TIG 120 A, b) A-TIG 120 A, c) TIG 180 A, d) A-TIG 180 A .



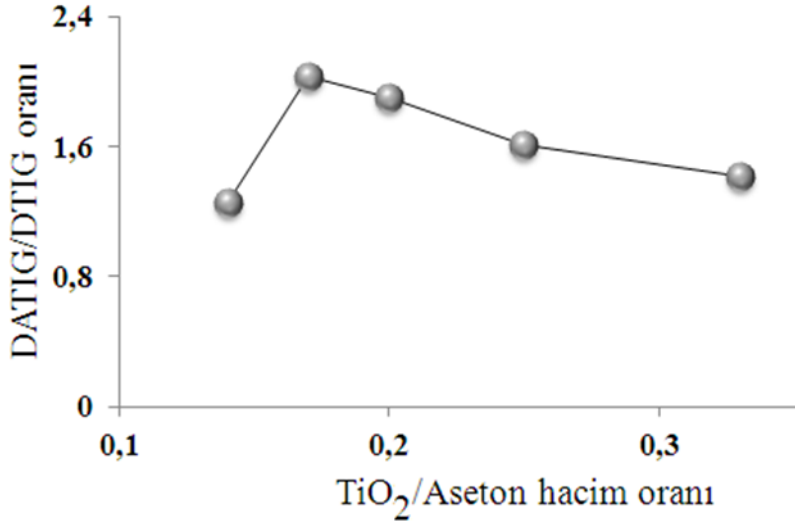
Şekil 3.  $D_{A-TIG}/D_{TIG}$  oranının kaynak akımı ile değişimi.

### 3.3. Kaynak Hız Deneyleri

Bu deneylerde kaynak akımı 150 Amper olarak sabit tutulmuştur. TIG kaynağı ve Taguchi deneylerinde derin dikiş veren A-TIG(TiO<sub>2</sub>) yöntemi kullanılmıştır. A-TIG kaynağında toz/aseton hacim oranı 1/4 olmuştur. Kaynak hızı 8-24 mm/s arasında değiştirilmiştir. Her deneyde elde edilen dikiş derinliği(D) metalografik olarak ölçülmüş ve her deney koşulunda  $D_{A-TIG}/D_{TIG}$  oranı hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlar Şekil 4'de grafik olarak verilmiştir. Kaynak hızı arttığında kaynak enerjisi azaldığından dikiş derinliği düşmektedir [21]. Ancak A-TIG kaynağında azalma TIG kaynağına nazaran daha fazla olduğundan  $D_{A-TIG}/D_{TIG}$  oranı sürekli azalmaktadır. Azalma oranı 18 mm/s kaynak hızından itibaren daha yüksek olmaktadır.



Şekil 4.  $D_{A-TIG}/D_{TIG}$  oranının kaynak hızı ile değişimi



Şekil 5. DA-TIG/DTIG oranının TiO<sub>2</sub>/Aseton hacim oranı ile değişimi.

### 3.4. Macun Toz/Aseton Oranı Deneyleri

-TIG kaynaklarında levha üzerine yapışmış toz kalınlığının, paslanmaz çelik [23] ve alüminyum alaşımlarının [24] dikiş derinliğindeki önemi tespit edilmiştir. Alaşımız çeliklerde de toz kalınlığının önemli olduğu tespit edilmiştir [10]. Alaşımız çeliklerde macundaki toz/aseton oranı üzerinde yayınlanmış data olmadığından bu deneyler tasarlanmıştır. Bu deneylerde kaynak akımı 150 Amper ve kaynak hızı 10 mm/s olarak sabit tutulmuştur. TIG kaynağı ve Taguchi deneylerinde derin dikiş veren A-TIG (TiO<sub>2</sub>) yöntemi kullanılmıştır. A-TIG kaynağında toz/aseton hacim oranı 1/3-1/7 arasında değiştirilmiştir. Her deneyde elde edilen dikiş derinliği (D) metalografik olarak ölçülmüş ve her deney koşulunda DA-TIG/DTIG oranı hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlar Şekil 5'de grafik olarak verilmiştir. Oran 1/7 olduğunda çok düşük dikiş derinliği elde edilmiştir. Macunda aseton oranı yüksek olduğundan parça yüzeyine yapışan toz miktarı az olmaktadır. Bu nedenle kaynak plazma sütununa geçen atom ve sıvı havuzda çözünen oksijen atom sayısı az olduğundan macunun dikiş derinliğini artırma etkisi çok az olmaktadır. Oran 1/6 olduğunda en fazla dikiş derinliği elde edilmektedir. Plazma sütununa yeteri kadar atom geçmekte ve en önemlisi sıvı havuzda optimum miktarda oksijen atomu geçmektedir [25]. Oran 1/6-1/3 arasında dikiş derinliği azalmaktadır. Bu azalmanın ana sebebi sıvı havuzuna aşırı miktarda oksijen atom girmesine bağlıdır [26].

### 4. Sonuçlar

Alaşımız çeliklerin A-TIG kaynak deneylerinden aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

- \* A-TIG kaynaklarında dikiş derinliği toz cinsine bağlı olarak değişmektedir.
- \* TiO<sub>2</sub> tozundan hazırlanan macun Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> tozu macunundan daha derin dikiş vermiştir.
- \* A-TIG kaynağının TIG kaynağına nazaran çok daha derin dikiş vermesi çok yüksek akım şiddetlerinde gerçekleşmektedir.
- \* TiO<sub>2</sub> toz macununda toz/aseton oranı 1/6 olması halinde en derin dikiş üretilmektedir.
- \* Aşırı kaynak hızı A-TIG kaynağı dikiş derinlik avantajını yok etmektedir.

## 5. Kaynaklar

- [1] Ahmed N. (2005) New developments in advanced welding. Abington. Woodhead Publishing Limited. ISBN 9781855739703.
- [2] Howse DS, Lucas W. (2000) An investigation into arc constriction by active fluxes for TIG (A-TIG) welding. *Sci. Technol. Weld and Joining*, Cilt 5, 189-193.
- [3] Tseng KH, Wang WC. (2011) Study of silica-titania mixed flux assisted TIG welding process, *Adv Mater Res*, Cilt 291-294, 949-953, DOI: 10.4028/www.scientific.net/AMR.291-294.949
- [4] Tanaka M. (2005) Effects of surface active elements on weld pool formation using TIG arcs, *Weld Inter*, Cilt 19, 870-876, DOI: <http://dx.doi.org/10.1533/wint.2005.3517>
- [5] Lowke JJ, Tanaka M. Ushio M. (2005) Mechanisms giving increased weld depth due to a flux, *J Physics D: Applied Physics*, Cilt 38, 3438-3445, DOI: <http://dx.doi.org/10.1088/0022-3727/38/18/018>
- [6] Gurevich SM, Zamkov VN, Kushnirenko NA. (1965) Improving the penetration of titanium alloys when they are welded by argon tungsten arc process, *Avtomatich Svarka*, Cilt 9, 1-4.
- [7] Choudhary S, Duhan R. (2015) Effect of Activated Flux on Properties of SS 304 Using TIG Welding, *Inter J Eng Trans B*, Cilt 28, 290-295, URL: <http://www.ije.ir/Vol28/No2/B/16.pdf>
- [8] Xie X, Shen J, Cheng, L, Li Y, Pu Y. (2015) Effects of nano-particles strengthening activating flux on the microstructures and mechanical properties of TIG welded AZ31 magnesium alloy joints, *Mater Des*, Cilt 81, 31-38, DOI: 10.1016/j.matdes.2015.05.024
- [9] Niagaj J. (2012) Peculiarities of A-TIG welding of titanium and its alloys, *Archive Metall Mater*, Cilt 57, 39-44, DOI: 10.2478/v10172-011-0150-5,
- [10] Fan D, Zhang R, Gu Y, Ushio M. (2001) Effect of flux on A-TIG welding of mild steels, *Trans Join Weld Research Ins*, Cilt 30, 35-40.
- [11] Pan W, Shi K. (2011) Research on the effects of technical parameters on the molding of the weld by A-TIG welding, *Trans Join Weld Research Ins*, Cilt 40, 37-39, 2011.
- [12] Cheng HK, Tseng KT, Chou CP. (2011) Effect of activated TIG flux on performance of dissimilar welds between mild steel and stainless steel, *Key Eng Mater*, Cilt 479, 74-80, DOI:10.4028/www.scientific.net/KEM.479.74
- [13] Vikeshi P, Randhawa J, Suri NM. (2013) Effect of A-TIG welding process parameters on penetration in mild steel plates, *Inter J Mech Ind Eng*, Cilt 3, 2231-2247.
- [14] Islak S, Eski O, Buytoz S. (2011) Microstructural and wear properties of FeW-SiC based composite coatings produced by tungsten inert gas (TIG) surfacing process, *Optoelectronics Adv Mater – Rapid Commu*, Cilt 5 (6), 65-72. URL: <http://oam-rc.inoe.ro/download.php?idu=1603>
- [15] Singh EB, Singh EA. (2015) Performance of activated TIG process in mild steel welds, *J Mecha Civil Eng*, Cilt 12, 1-5, DOI: DOI: 10.9790/1684-12240105.
- [16] Ghetiya N, Pandya D. (2015). Mathematical modeling for the bead width and penetration in activated TIG welding process, 2nd International Conference on Multidisciplinary Research and Practice, Ahmedabad, December 24-25.
- [17] Tathgir S, Bhattacharya A. (2016). Activated-TIG materials and manufacturing processes welding of different steels: Influence of various flux and shielding gas, *Materi Manuf Proces*, Cilt 31, Sayı 3, 335-342, DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/10426914.2015.1037914>
- [18] Balalan Z, Özdemir N, Fırat H.E, Çalgılı U. (2015) Functional ANOVA investigation of the effects of friction welding parameters on the joint characteristics of aluminum based MMC to AISI 304 stainless steel. *Mater Testing*, Cilt 57 (6) 558-566. DOI: 10.3139/120.
- [19] Gür A.K R, Çalgılı U, Taşkın M. (2011). The Optimisation of Adhesive Wear Behavior of AlmgSi/Sic Aluminium Composite with Taguchi Method, *Australian J Basic Applied Sci*, Cilt 5(9), 1584-1590. URL: <http://ajbasweb.com/old/ajbas/2011/September-2011/1584-1590.pdf>
- [20] Bilici MK. (2012). Application of Taguchi approach to optimize friction stir spot welding parameters of polypropylene, *Mater Des*, Cilt 35, 113-119, DOI: 10.1016/j.matdes.2011.08.033.
- [21] Cary HB, Helzer S. (2011) *Modern Welding Technology*, Pearson Prentice Hall, NewYork.



- [22] Islak S., Buytoz S, Karagöz M. (2012) Microstructural development on AISI 1060 steel by FeW/B4C composite coating produced by using tungsten inert gas (TIG) process, *Indian J Eng Mater Sci*, Cilt 19, 253-259. DOI: <http://hdl.handle.net/123456789/14653>
- [23] Huang Y, Fan D, Shao F. (2012) Alternative current flux zoned tungsten inert gas welding process for aluminium alloys, *Sci Technol Weld Join*, Cilt 17, 122-127, DOI: <http://dx.doi.org/10.1179/1362171811Y.0000000087>
- [24] Ruckert G, Huneau B, Marya S. (2007) Optimizing the design of silica coating for productivity gains during the TIG welding of 304L stainless steel, *Mater Des*, Cilt 28, 2387-2393, DOI: 10.1016/j.matdes.2006.09.021
- [25] Lu S, Fujii H, Sugiyama H, Nogi K. (2003) Mechanism and Optimization of Oxide Fluxes for Deep Penetration in Gas Tungsten Arc Welding, *Metall Mater Trans A*, Cilt 34, 1901-1907, DOI: 10.1007/s11661-003-0155-4.
- [26] Lu S, Fujii H, Nogi K. (2005) Effects of CO2 shielding gas additions and welding speed on GTA weld shape, *J Mater Sci*, Cilt 40, 2481-2485, DOI: 10.1007/s10853-005-1979-7.