

# MÜHENDİSLİK ALANINDA GÜNCEL ARAŞTIRMALAR

EDİTÖR

Prof. Dr. Bayram KIRAN





**MÜHENDİSLİK ALANINDA  
GÜNCEL ARAŞTIRMALAR**

**EDİTÖR**

**Prof. Dr. Bayram KIRAN**



***Mühendislik Alanında Güncel Araştırmalar***

***Editör:***

***Prof. Dr. Bayram KIRAN***

**Genel Yayın Yönetmeni:** Berkan Balpetek

**Kapak ve Sayfa Tasarımı:** Duvar Design

**Baskı:** Aralık 2020

**Yayıncı Sertifika No:** 16122

**ISBN:** 978-625-7680-02-8

© Duvar Yayınları

853 Sokak No:13 P.10 Kemeraltı-Konak/İzmir

Tel: 0 232 484 88 68

[www.duvar yayinlari.com](http://www.duvar yayinlari.com)

[duvarkitabevi@gmail.com](mailto:duvarkitabevi@gmail.com)

**Baskı ve Cilt:** Sonçağ Yayıncılık Matbaacılık Reklam San Ve Tic. Ltd.

İstanbul Cad. İstanbullu Çarşısı No:48/48-49

İskitler 06070 Ankara

**Tel:** 03123413667

**Sertifika No:**47865

## İÇİNDEKİLER

### *Bölüm-1*

- Farklı Tork Değerlerinde  
Sıkılmış Cıvatalı Bağlantılarda  
Sökülme Davranışının İncelenmesi** 7  
*Aytaç MORALAR*

### *Bölüm-2*

- Ctp'nin Yapı Malzemesi Olarak  
Düşük Frekanslı Yük Altında Ömür Analizi** 23  
*İsmail TOPCU*

### *Bölüm-3*

- Sandıklı (Afyonkarahisar, Türkiye)  
Yöresi Volkanik Tüfleri Katkılı Seramik Karo  
Kompozisyonlarının Sinterleme Kinetikleri ve  
Faz Değişiminin İncelenmesi** 43  
*Özgür CENGİZ*  
*PınarUYAN*

### *Bölüm-4*

- Küresel Isınma ve İklim Politikaları Çerçevesinde  
Geliştirilen Seramik Karo Kompozisyonlar** 67  
*Özgür CENGİZ*  
*PınarUYAN*

***Bölüm-5***

**Genetiği Değiştirilmiş Organizma İçeren  
Ürün Tüketim Tercihleri ve Alguları**

**87**

*Tuğçe ÇEKÜÇ*

*Emine Merve AKSU*

*Gülden BAŐYIĐIT KILIÇ*

*Damla BİLECEN ŞEN*

● Bölüm-1●

FARKLI TORK  
DEĞERLERİNDE SIKILMIŞ CIVATALI  
BAĞLANTILARDA SÖKÜLME  
DAVRANIŞININ İNCELENMESİ

Dr. Öğr. Üyesi Aytaç MORALAR<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup>Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, E-mail: amoralar@nku.edu.tr





## 1. Giriş

Cıvata, kelime kökü İtalyanca “Giaveta” sözcüğünden gelmekte olup, farklı baş şekline sahip silindirik bir gövde üzerinde farklı boylarda dış açılmış bağlantı elemanlarıdır. Cıvataların dış açılmış kısımları üçgen vida profillidir. Cıvata çeşitleri, altı köşe başlı cıvatalar, dört köşe başlı cıvatalar, çekiç başlı cıvatalar, mercimek başlı cıvatalar, havşa başlı cıvatalar, kelebek başlı cıvatalar, tırtıl başlı cıvatalar, halka başlı cıvatalar ve yuvarlak (bombe) başlı cıvatalardır [1]. Cıvata kullanılmasının avantajları; oldukça güvenilir çalışırlar, defalarca sökülüp, takılabilir, standartlaştırıldıkları için temini kolaydır, imalatı kolay ve ucuzdur, kolay değiştirilebilir [2]. Cıvatalar, makine montajı, makine elemanlarının temel bağlantılarında, flanşlı bağlantılarda, silindir kapak montajında, Çelik konstrüksüyonlarda, gergi cıvataları olarak, yağ tapalarında, ayar mekanizmalarında, ölçme aletlerinde, mengenerlerde, vidalı preslerde, krikolarda vb. pek çok alanda kullanılmaktadır[2].

Cıvatalı birleştirmeler, tekrar sökülüp takılabilirler, üretimleri kolaydır ve yüksek kitleme yükü sağlayabildiklerinden dolayı montaj elemanı olarak yaygın olarak kullanılmaktadırlar[3]. Günümüzde sanayide, inşaat sektöründe, ulaşım araçlarında, iş makinelerinde ve daha birçok yerde cıvatalı birleştirmelerin kullanıldığını görülmektedir. Cıvatalar kolay montaj, sökülebilir olma, ekonomiklik ve dayanıklılık gibi özellikleri nedeniyle sıklıkla tercih edilirler. Cıvatalı birleştirmeler sabit (hareketsiz) yerlerde kullanıldığı gibi titreşim ve hareketin olduğu yerlerde de kullanılmaktadır [4].

Sisteme ve seçilen cıvataya uygun tork değerinin üzerinde veya altındaki değerlerde sıkılan cıvatalar, bu kuvvetlerin etkisi altında görevini yerine getiremez. Gerekinden fazla torkla sıkılan cıvatalarda oluşan deformasyon nedeni ile bağlantı çözülmez olacağı gibi, düşük tork değerleri ile sıkılan cıvatalar titreşim etkisi ile çözülmeye başlarlar [4].

Ramey ve Jenkins (1995) tarafından NASA için araştırmalar yapılmış, titreşime bağlı çözümlenme olayının ö nemi ve çözümlenmede etkili olan parametreler vurgulanmıştır. Ön gerilmeli cıvata bağlarında ön gerilmenin titreşim kaynaklı çözümlenmedeki etkinliği üzerine bir araştırma çalışması da Yang, Nassar ve Wu (2010) tarafından sunulmuştur. Bu araştırmalarda titreşim etkisinde ön gerilmelerdeki azalmalar tespit edilmiştir.

Cıvatalı bağlantıların gevşeme nedenleri, Archimedes pompası olarak bilinen su vidası günümüz bağlantı sistemlerinde sıklıkla kullanılan dişli bağlayıcıların gelişmesine öncülük etmektedir. Dişli bağlayıcı olarak bilinen cıvatalı bağlantılar, makinaların kurulması, tamiri ve imalatında kullanılan en önemli sökülebilir elemanlardır. Cıvatalar çok yaygın kullanılmalarına rağmen kullanımları çok incelenmemektedir. Dişli bağlantılar, uzamaya bağlı gerilim gevşemesi ve kendiliğinden gevşeme olarak ika ana nedene bağlı olarak gevşerler. Sıcaklık değişimlerinde ve contalı yüzeylerde olduğu gibi malzemede ki gevşeme, cıvata üzerindeki gerilimi ve sıkıştırma kuvvetini düşürür. Kalıcı boy değişikliklerine ezilme ve büzülme sebep olabilir.

Cıvatalı bağlantılar, çalışma şartlarında titreşime maruz kalmaktadırlar. Bu titreşim farklı frekanslarda meydana gelebilmekte ve bağlantı elemanları çözülmeye zorlamaktadır. Cıvatalı bağlantı elemanlarının çalışma şartlarına simülize etmek için farklı test düzenekleri kullanılmaktadır. Bu üniteler mekanik, pnömatik ve hidrolik olarak yapılabilmektedir.

Pnömatik devreler, çalışma şekli olarak hidrolik devrelere benzeseler de başta kullandıkları akışkanlar olmak üzere bazı farklılıklar göstermektedirler. Hidrolik sistemlerde kullanılan sıvı akışkanlar sıkıştırılmaz olarak kabul edilmelerine karşın pnömatik sistemlerde kullanılan hava (gaz) sıkıştırılabilir ve bu nedenle elastisitesi çok yüksektir. Güç kaynağı olarak kompresörler kullanılmakta ve depolarda yüksek miktarda basınçlı hava depo edile-

bilmektedir. Kullanılan basınç anahtarı sayesinde depodaki basınç ayarlanan alt seviye düştüğünde kompresör tarafından otomatik olarak ayarlanan üst seviye çıkarılmaktadır. Bu sayede depoda sürekli istenilen basıncın olması sağlanmakta fakat basınç üst seviyeye geldiğinde kompresör otomatik olarak durdurulduğundan motorun sürekli çalışması önlenmektedir [5].

Pnömatik sistemlerin kullanım alanları, otomasyon sistemlerinde ve robot teknolojisinde, tarım ve hayvancılıkta, elektronik, tekstil ve madencilik sanayinde, her çeşit valfin kumandasında, ağaç işleri endüstrisinde, boya ve vernik işlemlerinde, taşımacılık işlemlerinde, gıda, tekstil ve kimya ve ilaç sanayi olarak sıralanabilir.

Bu çalışmadaki amacımız farklı ölçülerdeki cıvatalı birleştirmelerin titreşim ve darbe sürelerine bağlı olarak gevşeme oranlarının tespit edilmesi, kullanım yerine bağlı olarak emniyetli çalışma sürelerinin belirlenmesi ve en uygun tork değerlerinin seçilmesidir.

Deneme düzeneği olarak sanayide çok bulunmayan örnek bir pnömatik sistem tasarlanmıştır. Tasarlanan sistem farklı boyutlardaki cıvataların çalışma şartlarını yapabilecek kapasitedir. Bağlantı elemanlarının yatay ve düşey bağlanabilmesine uygundur. Bu sayede bağlantı elemanlarına gelen farklı eksenel kuvvetler test edilebilmektedir. Genliği değiştirilebilir bir frekans ayarlayıcı vasıtasıyla pnömatik piston çalışma hızı değiştirilebilmekte ve bu sayede bağlantılar üzerinde farklı titreşimler yaratılabilmektedir. Yapılan ölçümler sonucu farklı tork değerlerinde sıkılarak yapılan bağlantıların davranışları incelenmektedir.

## **2. Materyal ve Metot**

Şekil 2.1’de gösterilen deney düzeneğinin amacı kompresörden alınan havanın yön kontrol valfleri ile pistonu açıp kapatması, bu sayede piston üzerinde yatay ve dikey şekilde bulunan

M6, M8, M10 cıvatalara titreşim ve darbe uygulanması, titreşim ve darbe miktarına bağlı olarak cıvatalardaki çözülmenin gözlemlenmesidir. Piston ileri geri hareket süreleri pnömatik zaman rölesi ile sağlanmıştır. Bu sistemde kompresör, pnömatik piston, 5/2 selenoid uyarılı yön kontrol valfi, pnömatik zaman rölesi, 2 adet M6, 2 adet M8, 2 adet M10 cıvata, cıvataları üzerinde tutacak 2 adet “1” şeklinde levha, darbe etkisi yaratmak amacıyla alt ve üst noktalarda durdurucu parçalar, güvenlik için kapalı gövde kullanılmaktadır.



Şekil 2.1: Deney düzeneği

## 2.1. Pnömatik Devre Elemanları

### 2.1.1. Kompresör

Bu çalışmada 20 litre depo hacmine sahip kompresör kullanılmıştır. Kompresör atmosferden aldığı havayı basınçlandırarak sisteme aktaran sistem elemanıdır.

### 2.1.2 Pnömatik Piston (Silindir)

Piston-silindir ileri ve geri hareketlerini sistemden gelen hava ile gerçekleştiren, kullanım yerine göre farklı çeşit ve ölçülerde tasarlanmış deney sisteminin elemanıdır. Pnömatik silindirler

doğrusal ve açısal hareketlerin elde edilmesinde kullanılan, mekanik enerjiye dönüştüren, ihtiyaca göre çok farklı çeşidi olan devre elemanlarıdır. Uluslararası standartlara göre üretilirler. Yaygın olarak 10 bar basınca göre üretilse de daha yüksek basınçlarda çalışmaya uygun özel üretim silindirler de yapılabilmektedir. Silindirlerin sağlıklı çalışabilmesi iki şarta bağlıdır[9].

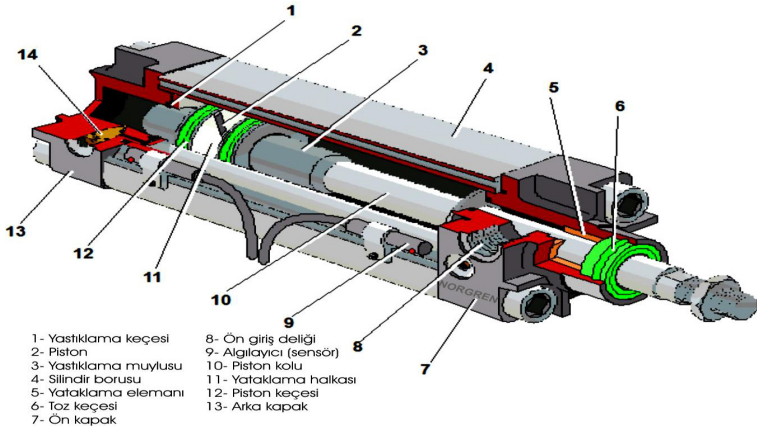
1. Pistonu hareket ettiren kuvvet (Harici bir yük veya akışkan basıncıyla oluşur.)

2. Kuvvetsiz tarafta havanın tahliyesi.

Bu şartlardan birinin gerçekleşmemesi silindirin hareket etmesini engeller. Silindire giren ya da silindirden çıkıp egzoza kadar giden hatta kısıtlama varsa, yani akışkan debisi düşükse silindir hızının azaldığı görülür.

Şekil 2.3 te pnömatik bir silindirin temel kısımları gösterilmiştir. Silindirler, çinko kaplı alüminyum ve alüminyum alaşımlarından yapılmaktadır. Asitli ortamlar, gıda sektörü, kimyasal buharlar vb. gibi özel durumlarda paslanmaz çelik, pirinç, bronz, plâstik vb. malzemeler kullanılmaktadır. İç yüzeylerinin hasarsız ve temiz olması, sızdırmazlık ve verim açısından son derece önemlidir.

Piston, etki eden kuvvetin etkisiyle ileri geri hareket eden, yataklama ve sızdırmazlık elemanlarını üzerinde barındıran elemandır. Piston malzemeleri c45 çelik, pom (polioksimetilen) plâstik ve hafif alaşımlar olabilir. Çelik ve hafif alaşımlardan yapılanlar, yuvarlanma yöntemiyle parlatılır. Dış etkenlerden korumak amacıyla sert kromla kaplanır.



**Şekil 2.3:** Pnömatik silindir[9]

Rod kolu veya piston kolu olarak adlandırılan kısım, hareketi silindir dışına veren, üzerine bağlantı yapılmaya uygun vida açılmış elemandır. Yastıklamalı modellerde rod üzerinde muylular mevcuttur. C 45 çelikten yapılıp, yuvarlanma yöntemiyle parlatılır ve dayanım açısından dış yüzeyleri seert kromla kaplanmaktadır.

Poliüretan, nitril ve viton türü kauçuk malzemeler pnömatik sistemlerde sızdırmazlık elemanı olarak kullanılmaktadır. Verimi arttırmak ve dış ortamda bulunan toz ve kirlerin silindir içine girmesini önlemek amacıyla silindirler üzerinde piston keçesi, boğaz (piston kolu) keçesi ve toz keçesi olmak üzere 3 çeşit keçe kullanılır. Pnömatik silindirlerde silindir boyutunu küçültmek amacıyla boğaz keçesi ve toz keçesi aynı gövde üzerinde bulunur. Keçe dudakları arasına dolan basınçlı hava dudakların metal yüzeylere baskı yapmasını sağlayarak sızdırmazlığı sağlar [9].

### 2.1.3. Yön Kontrol Valfi

Havanın başlamasını ve durdurulması gibi akışını kontrol eden, yönünü değiştirebilen, basınç ve debisini ayarlayan devre elemanlarıdır. Akış kontrol, yön kontrol ve basınç kontrol fonk-

siyonları bakımından 3 temel tipi mevcuttur. Yön kontrol valfleri, havanın ne zaman nereye gönderilmesi gerektiğini belirleyen elemanlardır [9, 10].

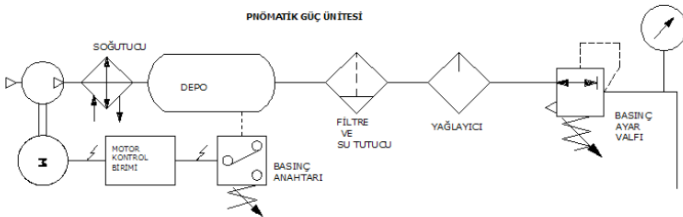
Endüstriyel hidrolikte orta konum istenilmeyen çift etli silindirlerin kumandasında 5/2, orta konum istenilen çift etkili silindirlerin kumandasında 5/3 yön kontrol valfleri kullanılmaktadır. Kumanda şekilleri ve orta merkez konumlarına göre de çok çeşitli yön kontrol valfleri mevcuttur[6]. Bu çalışmada da orta konum istenilmediğinden elektrik kumandalı 5/2 yön kontrol valfi kullanılmıştır.

#### 2.1.4. Pnömatik Zaman Rölesi

Pnömatik sistemlerde, silindirin ileri geri hareketi istenilen zamanda yapılabilmektedir. Bu zamanın ayarlanması için ykv ne elektrik sinyalinin gönderilme sıklığını ayarlayan devre elemanları zaman röleleridir [7].

#### 2.1.5. Pnömatik Güç Ünitesi

Şekil 2.2 de gösterilen pnömatik güç ünitesi elemanları sırasıyla motor, soğutucu, depo, filtre ve su tutucu, yağlayıcı, basınç ayar valfi ve manometredir. Motor, kompresöre hareket vererek çalışmasını sağlayan sistem elemanıdır. Soğutucu, kimi durumlarda sisteme giden havanın sıcak olması sistem elemanlarına zarar verebilir.



Şekil 2.2: Pnömatik güç ünitesi [8]

Gaz akışkanın belli bir sıcaklıkta tutulmasını sağlamak amacıyla sisteme soğutucu ünitesi eklenir. Depo, kompresörün sürekli çalışmaması ve sisteme gidecek olan havanın daha önceden saklanması için kullanılan sistem elemanıdır. Filtre ve su tutucu, havanın içerisindeki nem basınç altında yoğunlaşarak sistem elemanlarında oksitlenmeye, hava içerisindeki toz partikülleri ise aşınmaya neden olurlar. Bunun önlenmesi için filtre ve su tutucu kullanılır. Yağlayıcı, valf ve silindirlerin aşınmaması ve daha rahat çalışabilmesi için sisteme gönderilecek havaya yağ ekleyen elemandır. Basınç ayar valfi, sistemde basınç artışlarını önlemek veya sistem için en ideal basıncı ayarlamak için kullanılan valftir. Manometre, sisteme giren gaz akışkanının anlık basıncını gösteren sistem elemanıdır.

## 2.7. Cıvatalar

Cıvata somun bağlantılarında sıkma torqu bağlantıyı sağlar. Sıkma işleminden sonra, sıkıştırma kuvveti cıvata üzerindeki önyük tarafından sürdürülür. Önyük oluşması, cıvatanın bir yay gibi gerilmiş olması ve gerilimin somunu cıvatanın başına doğru çekmesi sıkıştırmayı meydana getirir. Somun ile cıvatanın birbirinden sökülmesi, sıkıştırma torkunun ortadan kalkmasından sonra meydana gelir. Dişler arasındaki ve cıvata başı ile somunun altındaki sürtünmeler bu kuvvete karşı gelip cıvata üzerindeki gerilimi korumaya yardımcı olurlar. Bu sistemin matematiksel gösterimi denklem 2.1 deki gibidir;

$$TL = FV \times d \times \mu h^2 \times \cos \alpha + FV \times dh \times \mu h^2 - FV \times d \times \tan \theta / 2 \quad (2.1)$$

Burada;

TL: Sıkıştırma sonrası cıvata üzerindeki bileşke tork,

FV: Cıvata üzerindeki gerilim,

d: Vidanın yiv çapı,

dh: Cıvata başı etkin çapı,

$\theta$ : Vidanın helezon açısı,



$\alpha$ : Vida dişi yarım açısı,  
 $\mu_{th}$ : Vida dişi sürtünme katsayısı,  
 $\mu_h$ : Somunun sabit olduğu varsayılarak, cıvata başı ile flanş yüzeyi arasındaki sürtünme katsayısı olarak verilmiştir.

Sıkılmış cıvata somun bağlantısı dinamik yükler veya titreşim maruz kalırsa, sürtünme kuvvetinin yarattığı kilitleyici etki azalır, somun dişliler üzerinde dönmeye başlayarak gevşeme olur. Titreşimler boylamasına, enlemesine veya hem boylamasına hem de enlemesine olabilir. Dinamik yatay yüklemekten oluşan enine titreşimler cıvata somun bağlantılarında çok zararlıdır ve önlem alınmamış standart bir dişli bağlantıyı hızlı bir şekilde gevşetebilir. Darbeli eksenel yüklerden tarafından oluşan boyuna kuvvetler gevşemeye daha az neden olurlar.

Bu çalışmada, 20 litre depolu kompresör güç kaynağı olarak borular yardımıyla deney düzeneğine bağlanmıştır. Basınç göstergeleri, valf, piston, zaman rölesi ve cıvata tutucular kontrol edilmiştir. İlk olarak M6 cıvatalar 8 Nm tork ile sıkılarak 15, 30 ve 60. dakikalardaki çözülme miktarları ölçülmüştür. Aynı işlemler sırasıyla M8 ve M10 cıvatalar için de tekrarlanmıştır. İkinci aşamada 10 Nm tork ile sırasıyla M6, M8 ve M10 cıvatalar ayrı ayrı sıkılarak 15, 30 ve 60. dakikalardaki çözülme miktarları ölçülmüştür. Son olarak 12 Nm tork ile M6, M8 ve M10 cıvatalar ayrı ayrı sıkılmış, 15, 30 ve 60. dakikalarda çözülme miktarları ölçülmüştür.

### 3. Araştırma Bulguları

M6, M8 ve M10 standartlarında cıvatalara üç farklı zaman diliminde titreşim testi uygulanmıştır. Bağlantılar deney düzeneğinde de gösterildiği gibi X ve Y eksenlerinde iki farklı şekilde oluşturulmuştur. Belirtilen süreler boyunca makine titreşimler oluşturularak cıvataların sökülmeleri incelenmiştir.

**Tablo 3.1:** 8 Nm Tork ile Sıkılmış Cıvata bağlantısı Sökülme Değerleri

8 Nm						
Cıvata Türü	15 dakika (2250 vuruş) Gevşeme Miktarı (mm)		30 dakika (4500 vuruş) Gevşeme Miktarı (mm)		60 dakika (9000 vuruş) Gevşeme Miktarı (mm)	
	Dikey	Yatay	Dikey	Yatay	Dikey	Yatay
M6	0,03	0,05	0,05	0,08	0,06	0,10
M8	0,05	0,12	0,07	0,17	0,8	0,19
M10	0,06	0,21	0,09	0,26	0,11	0,28

Tablo 3.1’ de 8 Nm tork ile sıkılmış M6, M8 ve M10 olmak üzere üç farklı cıvata somun bağlantısının farklı titreşim değerlerinde sökölme davranışları verilmektedir. Denemeler her bir cıvata somun bağlantısı için üç farklı zaman diliminde yapılmıştır. Bağlantılar 15 dk, 30 dk ve 60 dk lık süreler boyunca boyunca titreşime maruz bırakılarak gerçek çalışma davranışları simülize edilmiştir. En küçük bağlantıda çözölme miktarının en az olduğu, standart büyüdükçe çözölme miktarının arttığı görölmektedir.

**Tablo 3.2:** 10 Nm Tork ile Sıkılmış Cıvata Bağlantısı Sökülme Değerleri

10 Nm						
Cıvata Türü	15 dakika (2250 vuruş) Gevşeme Miktarı (mm)		30 dakika (4500 vuruş) Gevşeme Miktarı (mm)		60 dakika (9000 vuruş) Gevşeme Miktarı (mm)	
	Dikey	Yatay	Dikey	Yatay	Dikey	Yatay
M6	0,01	0,03	0,01	0,06	0,02	0,07
M8	0,03	0,09	0,04	0,13	0,04	0,15
M10	0,04	0,18	0,05	0,21	0,06	0,24

Tablo 3.2’ de Tablo 3.1’ e benzer olarak bağlantılar 10 Nm lik tork ile sıkılmış ve yine 15 dk, 30 dk ve 60 dk süreler boyunca titreşim uygulanarak sökülme değerleri incelenmiştir. Burada Cıvata çapı büyüdükçe çözülme miktarının daha fazla olduğu görülmektedir.

**Tablo 3.3:** 12 Nm Tork ile Sıkılmış Cıvata Bağlantısı Sökülme Değerleri

12 Nm						
Cıvata Türü	15 dakika (2250 vuruş) Gevşeme Miktarı (mm)		30 dakika (4500 vuruş) Gevşeme Miktarı (mm)		60 dakika (9000 vuruş) Gevşeme Miktarı (mm)	
	Dikey	Yatay	Dikey	Yatay	Dikey	Yatay
M6	0,00	0,00	0,01	0,02	0,01	0,03
M8	0,01	0,06	0,01	0,08	0,02	0,09
M10	0,03	0,12	0,04	0,15	0,05	0,17

Tablo 3.3' de de bir önceki tablolara benzer olarak cıvata bağlantıları 12 Nm tork değerlerinde sıkılarak oluşturulmuş ve yine üç farklı zaman diliminde teste tabi tutulmuştur. Tork değeri artıkça cıvata bağlantılarında sökölme miktarının azaldığı fakat en fazla sökölmenin yine en büyük cıvatalarda olduğu gözlemlenmiştir.

#### 4. Sonuç

Yapılan testler sonucunda dikey konumlandırılmış cıvatalarda bu süre içerisinde çok az miktarda çözölme gözlemlenirken yatayda konumlandırılmış bağlantılarda daha fazla sökölme olduğu gözlemlenmiştir. Bunun nedeni; y ekseninde (düşeyde) konumlandırılmış cıvatalar sadece düşeyde hareket etmektedirler ve sadece titreşime maruz kalmaktadırlar. Fakat X ekseninde (yatay) konumlandırılmış cıvatalar ise hem titreşim hem de eğilmeye maruz kaldıklarından çözölme oranları daha yüksektir.

Tork oranı artıkça cıvatalardaki çözölme (gevşeme) miktarları azalmaktadır. Fakat kritik tork değerinin üzerinde sıkılan cıvatalar artık sökölme özelliklerini kayb ettikleri için kullanıma uygun olmazlar. Cıvataya üreticinin belirlediği değerlerin üzerinde tork uygulanması, cıvata dişlerinde deformasyon yaratacağından tekrar sökölüp takılması güvenlik açısından mümkün olmamaktadır. Bağlantılar kendilerinden beklenen görevi yerine getiremezler.

Kullanılacak yere göre uygun cıvata seçmek, cıvata boyu ve çapı arasındaki oranı göz önünde bulundurmak, yüksek çekme dayanımlı cıvatalar kullanmak, cıvata ve yüzey arasındaki sürtünme kuvveti arttırmak, çapı delikten büyük cıvatalar kullanmak veya rondela, sıvı conta, lastik conta ve yapıştırıcı gibi yardımcı malzemeler kullanmak cıvata gevşemelerini azaltır veya durdurur.

## 5. Referanslar

1. <http://makinebilgisi.blogcu.com/civatalar/8936955>
2. Temiz V. , Vidalı Bağlantılar (Cıvatalar), 2015, İstanbul.
3. Bıyık A., Baykasoğlu A., Erbil E., İnce U., “Cıvatalı Bağlantıların Titreşim Altında Gevşemesinin Genetik Programlama Ve Regresyon Analizi İle Tahmini” Otekon 2016 8. Otomotiv Teknolojileri Kongresi 23 – 24 Mayıs 2016, Bursa
4. Adatepe, H., Güneş, T. 2012. “Cıvatalı Bağlantılarda Emniyetli Tork Değerinin Teorik ve Deneysel Olarak Belirlenmesi,” TMMOB MMO Mühendis ve Makina Dergisi, cilt 53, sayı 633, s. 43-51
5. [www.abs.cu.edu.tr](http://www.abs.cu.edu.tr)
6. “<http://arena25.blogcu.com/yon-kontrol-valfleri/7426224>”
7. “<http://www.elektrikrehberiniz.com/role/zaman-rolesi-nedir-3366/>”
8. Özcan, M.T. , Endüstriyel Hidrolik, Hidrolik – Pnömatik Sistemler, 2012, Adana
9. T.C Milli Eğitim Bakanlığı, Pnömatik Devreler 521MMI036, 2012, Ankara
10. Ramey G.E. and Jenkins R.C. (1995) Experimental analysis of thread movement in bolted connections due to vibrations, Research Project NAS8-39131, Final Report, 176, Dec 28, 1995, United States.
11. Aslanlar S. , Metal Yapıştırma Teknikleri, 2011, Sakarya.
12. Belevi M. , Özces Ç. , Demirsoy M. , DEÜ Makine Elemanları , Cıvata Bağlantıları, 2012, İzmir.
13. Çatak, E. , Pnömatik Sistemlerde Basınçlı Havanın Hazırlanması, TMMOB Makina Mühendisleri Odası, III. Ulusal Hidrolik Pnömatik Kongresi ve Sergisi Bildiri Kitabı, Yayın No: E/2003/334, Sayfa No:4, Aralık 2003, İzmir

14. avdar K., “ngerilmeli Cıvata Bağlarında zlme Problemleri” Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi, Cilt 20, Sayı 1, 2015
15. Ertürk M., “Yapıştırılmış Cıvata Bağlantılarının Dinamik Yükler Altındaki Davranışlarının İncelenmesi” Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi. 2012
16. Yang X., Nassar S. and Wu Z. , Formulation of criterion for preventing self-loosing of threaded fasteners due to cyclic transverse loading, Proceedings of the ASME 2010 Pressure Vessels&Piping Division/K-PVP Conference PVP 2010 July 18-22, 2010, Washington, USA.
17. [https://acikders.ankara.edu.tr/pluginfile.php/165746/mod\\_resource/content/0/11.Hafta-Pn%C3%B6matik%20Sistemlerde%20Silindirler.pdf](https://acikders.ankara.edu.tr/pluginfile.php/165746/mod_resource/content/0/11.Hafta-Pn%C3%B6matik%20Sistemlerde%20Silindirler.pdf)

● Bölüm-2●

**CTP'NİN YAPI MALZEMESİ OLARAK  
DÜŞÜK FREKANSLI YÜK ALTINDA  
ÖMÜR ANALİZİ**

*Dr. Öğr. Üyesi İsmail TOPCU<sup>1</sup>*

---

<sup>1</sup> Alanya Alaaddin Keykubat Üniversitesi





## GİRİŞ

Kompozit malzemeler iki veya daha fazla sayıdaki farklı özelliklere sahip malzemelerin birleştirilmesiyle elde edilen malzemelerdir. Birçok iyi niteliklerine rağmen mukavemet değerlerinin istenen nitelikte olamamasından dolayı bu özelliklerinin iyileştirilmesi için son yıllarda polimer takviyeli kompozitleri geliştirme çalışmaları hız kazanmıştır. Gelişen teknolojiye paralel olarak çok değişken ana matris ve değişik takviye türleri kullanmak suretiyle farklı yapıda yeni kompozit malzemeler imal edilmiştir. Nihai teknolojik çalışmalardan biri de pultrüzyon metodu kullanılarak üretilen cam elyaf takviyeli plastik (CTP) malzemelerdir.

Üretilen cam elyaf takviyeli plastikler birçok sektörde kullanılmaktadır. Makine, otomotiv, uçak ve inşaat sektörü bunlardan bazılarıdır. Bu malzemeler inşaat sektöründe kullanılan bilindik ST32 çelikler ve betonarme yapılarla kıyaslandığında yaklaşık bir maliyette olduğu görülmektedir. Fakat ihtiyaca karşılık üretim artışı kaynaklı maliyet düşüşleri dikkate alındığında söz konusu denge CTP lehine olacağı çok açıktır. Özellikle ülkemizin çok ağır depremler yaşaması ve deprem kuşağında olmamızdan dolayı yüksek mukavemeti ve yüksek korozyon dayanımı, hafifliği ve imalat fiyatlarından dolayı tercih sebebinin artıracaktır. Özellikle hafif olması hem nakliye hem işçilik açısından gelecekteki yapı malzemelerine karşı üstünlük sağlayacaktır.

Bu çalışmamızda laboratuvar koşullarında CTP malzemelerin statik yüklemeler yapılarak sürünme özellikleri incelenmiştir. Özellikle inşaat sektöründe hem ana malzeme yan ürün olarak kullanılan Cam elyaf takviyeli plastikler hakkındaki bu çalışma diğer araştırmacılara yardımcı olacaktır.

Kompozit Malzemeler Metal, plastik ve seramik gruplarından iki veya daha fazla malzemenin, uygun olan özelliklerini tek malzemedeki toplamak veya yeni bir özellik ortaya çıkarmak ama-

cıyla makro düzeyde birleştirilmesi ile oluşturulan malzemelerdir. Diğer bir tarif ile farklı malzemelerin bir araya gelerek zayıf yönlerini elemine edip buna karşılık üstün özelliklerini ortaya çıkaran geliştirilmiş değişik fazlardan oluşan malzemelerdir [1].

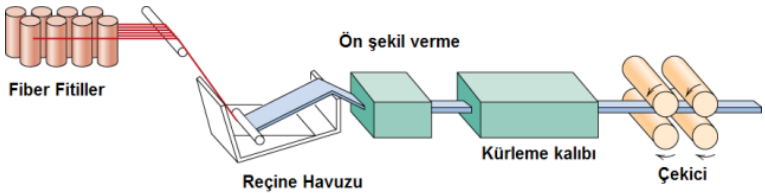
Kompozitlerin temel bazı özellikleri uygulamada büyük avantaj sağlamaktadır. Sahip oldukları yüksek korozyon dayanımı, yüksek sertlik değerleri, yüksek mukavemeti ve aşınma direncinin yanı sıra çok iyi boyut ve termal kararlılığıdır. Geleneksel metal imalat proseslerine göre daha kolay işlenebilir, biçimlenebilir olması ve metallere göre daha hafif ve yüzey kalitesinin iyi olması benimsenme sebebidir[2]. Mühendislikte yaşanan gelişmeler sonucunda, yapılarda bütün malzemelerin ne sıklıkta kullanılabilceği tespit edilmiştir. Yakın zamanda yapılan araştırmalar göstermiştir ki, yapılarda kullanılan malzemeler yapısal olarak iki gruba ayrılmıştır. Bunlardan ilki, malzemenin iç yapısı üniform olan homojen malzemeler; diğeri ise genel olarak yeni nesil malzemeler olarak adlandırılan ve içerisinde iki veya daha fazla homojen malzeme bulunan kompozit malzemelerdir [3]. Kompozit takviyeli plastic malzemelere kısaca CTP olarak adlandırılmış ve bu malzeme grubuna ilgi 1940 yılları sonrasında başlamıştır. Günümüzde ise en çok kullanılan polimer esaslı kompozit malzemeler arasında yerini almıştır. Günümüzde üretilen kompozitlerin büyük oranı (%88-90) CTP'dir. İlk imatları çoğunlukla tekne gövdeleri, spor araçları, paneller ve araba gövdelerinde kullanılmaktadır. Ülkemizde ciddi olarak seri üretimi yapılmış ilk yerli otomobilimiz olan Anadol'un kaportasında bu malzemedan üretilmiştir. Kompozitler, ana matris ve bir veya birden fazla takviye malzemesi kullanılarak üretilirler. Mono fazlı malzemelerle kıyaslandığında istenen şekillerdeki tasarıma kolay biçimlendirilirler, düşük yoğunluğa, takviye edildiklerinde iyi mukavemet davranışları sergilerler [4].

CTP kompozitlerin özellikleri kullanılan ana matris, ilave edilen elyafın uzunluğu, tipi ve konsantrasyonu ile kullanılan matrisin özellikleri ile ilişkilidir. Takviye elyaf kısa ve düşük konsantrasyonlar da ise ana matris reçinedir ve bu kompozitler takviyesiz plastikler gibi davranırlar. Şayet içeriği aksine fazla ve takviye elyaf boyutları uzunsa tam tersi olarak elyafların kompozit içindeki üstünlüğünden bahsedilir. Ana matrisin (reçine) sahip olduğu özellikler iyi ise bu kompozitlere “mühendislik kompozitleri”, elyaf özellikleri iyi olan kompozitlere ise “ileri kompozitler” denir. Yapılan uygulamalar sonucunda kullanılan ana matris ve takviye elyaf içerikleri karşılaştırıldığında Mühendislik kompozitlerinin maliyeti ileri kompozitlerden daha az olgu ortaya çıkmıştır[5]. Elyafların mekanik özellikleri matrislere göre daha üstün olduğu göz önünde bulundurulursa elyaf oranının artması demek sonuçta kompozit malzemenin mekanik özelliklerinin de artması demektir [6]. Malzeme imalatında takviye malzemesi olarak kullanılan elyaflar sürekli ve süreksiz olabilirler. Uzun elyaflar sürekli tek yönlü birbirine paralel veya dokuma olabilirler ve kompozitlere yüksek mekanik özellikler sağlar. CTP elyaf takviyeli polimer kompozit malzemelerinde termoset polimerler ve termoplastik polimerler de en yaygın olarak kullanılan ana matris elemanlarıdır. Termoset polimerler malzemeleri polyester, epoksilerden, termoplastik polimerler ise poliamid, piklerden oluşmuştur. Termoset polimerler malzemeler oldukça mukavim ve serttirler. Bu malzemelerde kullanılan polyester reçineleri güçlü olmamalarına karşın daha düşük maliyetli oldukları için epoksi reçinelerine alternative kullanılırlar. Bu malzemeler binalarda, taşıtlarda tekne gövdelerinde elektrik parçalarında su tanklarında kullanılırken epoksi matrisli kompozitler de içerdikleri karbon ve aramid elyaflarından dolayı daha nitelikli ileri mühendislik uygulamaları dediğimiz alanlar olan uzay sanayii, savunma sanayi, uydu anteni, otomotiv sanayi ve

sağlık gibi uygulamalar da kullanılmaktadır[7].

Bu uygulamalar da kullanılmakta olan ikici yaygın matris olan termoplastik polimerler kısa elyaflar da matris malzemesi olarak kullanılırlar. Bu işlem, genellikle enjeksiyon ile kalıplama gibi çok yaygın olan termoplastik proseslerinde kullanılır. Bu malzemelerin tercih edilmeme sebeplerinden en önemlisi, takviye edilen elyafların kurumasındaki güçlükler ve bunun neden olduğu işleme ve ayırma işlemlerinin olumsuz etkilenmesi. Farklı kompozit malzemelerde birçok cam elyaf tipleri kullanılmaktadır. Başlıca cam elyaf tipleri olarak sırasıyla; E camı, S camı ve C camı bilinen cam elyaf türleridir. Cam elyafların bu değişik kompozisyonları, gerekli olan kimyasal ve / veya fiziksel özellikleri sağlamada etkilidirler. Yapmış olduğumuz çalışmada E camı kullanılmıştır. E camı, kalsiyum alümina boron silikat kompozisyonu ve maksimum % 2 içerikli alkaliden meydana gelir. E camları, mukavemet ve yüksek elektrik direnci gereken yerlerde genel maksatlı olarak kullanılırlar[8]. Özel bir cam tipinin kimyasal kompozisyonuna içerdiği oksit bileşeninin oranı çok önemlidir ve belirtilmelidir. Söz konusu bu oran uygulamalarda üreticiler için önemlidir. Bazen farklı kompozisyonlara sahip takviye malzemesi kullanabilirler. Bu içerik farklılıkları, malzemenin kullanılacağı fiziksel ve kimyasal koşullarda yüksek verimlilik esasına dayanılarak tespit edilir [7]. Cam takviyeli elyaf kompozit imalatında reçineler çok önemli yer almaktadırlar. Bunların temel işlevleri; elyafların arasındaki gerilmeleri aktararak, birbirlerine yapışmasını sağlayıp fiziksel ve kimyasal koşullarda dayanımı artırmaktır. Reçineler termoset reçineler ve termoplastik reçineler olmak üzere iki ana gruba ayrılır. Pultrüzyon yönteminde kullanılan reçine tipi, termoset reçinelerdir. Bu metot 1950 yılları öncesinde il olarak yuvarlak çubuk imalatı yapılarak başlanmış ardından farklı geometrilerde malzeme imalatı ile devam etmiş ve patenti de 1951 yılında alınmıştır. Camelyaf, karbon vb. takvi-

ye malzemelerinin uygun bir reçine matrisi ile birleştirilerek, sıcak kalıptan çekilmesi ile yapı profilleri üretmeye “Pultrüzyon” denir. Pultrüzyon kelime anlamıyla da, “Pull” ve “Extrusion” kelimelerinden türemiş sürekli bir profil üretim biçimidir. Uygun kalıp tasarımı ile istenen birçok parça üretimi bu metotla yapılabilmektedir. Teknik anlamda; Takviye malzemesinin bir reçine matrisi ile birleştirilerek sıcak bir kalıptan çekilmesi ile profil imalatına Pultrüzyon denir. Endüstriyel olarak yaygın bir biçimde takviye malzemesi olarak Cam Elyafı kullanıldığından dolayı, Cam elyaf Takviyeli Polyester (CTP) Profil imalat yöntemine Pultrüzyon denir. Bu yöntemde Cam Elyafı ve Cam Elyaf Keçe bir reçine banyosundan belirli bir diziliş ve geometride ıslatılarak sıcak kalıbın içinde Polimerisasyonu tamamlanarak sürekli çekilmesi ile sonsuz profil imal edilebilmektedir [9].



**Şekil 1.** CTP imalat proses akış şeması [10]

Tablo 1’de pultrüzyon ile üretilen CTP ürünlerinin karakteristikleri hakkında bilgi verilmiştir.

**Tablo 1.** Pultrüzyonlu ürün karakteristikleri [9]

Boyut	Çelişilacak kalıp ve test makinasının kapasitesiyle ilişkilidir.
Şekil	Lineer, tüm kenarlarda sabit
Cam elyaf oranı	Düz fitiller % 40-85 ağırlığı, Hasırlarda ise % 30-50 arası, Dokuma ise % 40-60 arasıdır.
Mekanik Özellşkler	Aynı yönde ve izotropik

Pultrüzyon metodu, CTP kalıplamasında, özellikle inşaat sektöründe hem ana malzeme hem de tamamlayıcı malzeme olarak kullanılan profil türündeki ürünlerin yapımında kullanılmaktadır. Türkiye ve diğer ülkelerde, yapı ve inşaat endüstrilerinde artık daha çok verimle çalışan ve daha az bakım, masraf gerektiren malzemelere bir eğilim görülmektedir. Bunun nedenlerinin başında bakım, işçilik gibi ekstra harcamalar, hem para hem zaman kaybı anlamına geliyor. Artık inşaat firmaları rahat edecekleri, kendilerine fazla masraf çıkarmayacak, uzun ömürlü malzemeleri tercih ediyorlar. Bu haklı tercihler kompozit endüstrisinin ve özellikle yapısal eleman olarak kullanılan pultrüzyon profillerin önünü açmıştır. Hafif, boya - bakım gerektirmeyen düşük işçilik maliyetleri ile inşa edilebilen pultrüzyon profiller; ahşabın alüminyumun ve PVC’nin kısa zamanda yerini almaya başladı. Ahşap desenli pultrüzyon profiller, düşük işçilik maliyetleri ve kolay montaj avantajı sayesinde kolon, tırabzan, korkuluk ve çit gibi uygulamalarda ahşabın yerini almaya başlamıştır. Rüzgar jeneratörleri, gelecekte çok önemli bir kullanım alanı olarak şimdiden büyük bir potansiyel göstermektedir. Burada rüzgâr enerjisinin faydalı enerjiye dönüşümünde anahtar sistemler, rüzgâr türbinleridir. Rüzgâr türbininin en önemli yapı elemanlarından

biri olan kanatlarının üretilmesidir. Hafiflik ve çevre koşullarına dayanım özelliklerinin de sayesinde; son 25 yıldan beri kompozit teknolojisinden yani CTP'den faydalanılmaktadır. Son yıllarda gerek hurda değeri olmaması, gerekse çürümeye ve korozyona karşı uzun ömürlü olması nedeni ile ülkemiz ve dünya Karayollarında CTP malzemelerin kullanımı çok büyük ölçüde artmıştır[11].

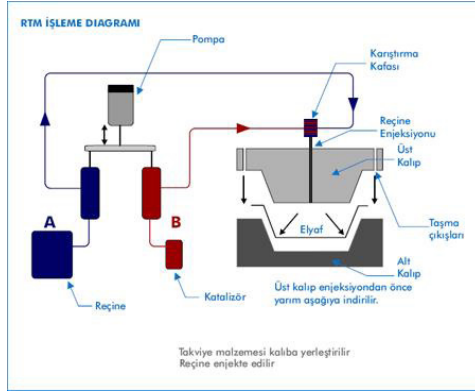
Betonarme yapılarda kullanılan çeliğin korozyona uğraması sonucunda mukavemet değerlerinin azalması inşaat sektöründe probleme alternatif takviye malzemesi arayışlarını artırmıştır. Yakın zamanlar da pultrüzyon metodu ile üretilen CTP malzemeler alternatif malzeme olma potansiyele sahiptir. Bu malzemelerin yüksek çekme dayanımının yanı sıra korozyon direnci nedeniyle betonarme yapılarda çelik donatı yerine alternatif olarak kullanılması yönünde umut verici çözümlerden biri olmaktadır[12]. Betonlu polimer kompozitler, standart kum çimento ve su ile üretilmiş beton ile bağlayıcının tamamen veya kısmen polimerlerle değiştirilerek çimentolu bağlayıcı maddenin polimerle takviye edilerek güçlendirilmesiyle elde edilen malzemelerdir [13]. Polimer takviye edilmiş beton yapıda, tüm irili ufaklı boşluklar takviye polimer ile doldurulmuştur. Betonun özelliklerini iyileştirmek için bileşimde uçucu kül, silika dumanı, cam elyafı, karbon fiber gibi ilaveler yapılmaktadır. [14], [15]. Polimer betondaki agregaları çevreleyen matriks polimerdir; çimento yoktur Polimer beton, çimento esaslı betona kıyasla daha yüksek mekanik özelliklere sahiptir [16]. Bir yapıya etki eden kar, rüzgar, deprem kuvvetleri ile yapı elemanlarının ağırlıkları ve hareketli yükler yapı elemanlarında çeşitli gerilmeler oluşturmaktadır. Bu nedenle bir yapı tasarlanırken yapıyı oluşturan yapı elemanlarının bu etkilere karşı yeterli dayanım olması gerekir. Bu yöntemle imal edilen CTP malzemelerinin ihtiyaç duyulan alanlarda gerekli mekanik özelliklere göre yeniden dizayn edilerek yapılması gereklidir [17].

Bu çalışmada, pultrüzyon metodu ile üretilmiş CTP profillerinin mekanik özellikleri, ulusal ve uluslararası düzeyde kabul edilen metotları kullanılarak belirlenmiştir. Belirlenen mekanik özellikler kullanılarak yapı sistemi deneyleri laboratuvar ortamında sürünme test metodu ile statik ve dinamik yükler altındaki davranışı tespit edilmiştir. CTP malzemeden üretilmiş numunelere ait test verileri, çelik konstrüksiyon çözümleri ile karşılaştırılarak alternatif çözüm olma durumları belirlenmiştir. CTP profillerin avantajları dikkate alındığında inşaat sektöründe kullanımının önem ortaya konulmuştur.

## **2.Malzeme ve Yöntem**

Bu çalışmada Cam Elyaf A.Ş. firmasından temin edilen tek yönlü kumaş dokuma çözgüsüne sahip fiberglas fitil ile yönlendirilmiş atkı iplik cam elyaf takviyeli kompozit malzemeler kullanılmıştır. Malzemenin fiberglas fitili ile yönlendirilmesinden dolayı yüksek mukavemetli yapı eldesi söz konusudur. Elyaf A.Ş. bu malzemenin üretiminde; E camını kullanarak elde ettiği WR3-2400 direk sarma fitillerini ve matris elemanı olarak yine kendi ürettiği CE BV8 reçinesini kullanmıştır. Söz konusu ürün şekil 1 de görülmektedir.





**Şekil 2.** RTM ile tek yönlü cam elyaf kumaş imalat şeması [18].

CE BV 8 reçineleri esnek, alev geciktirici, kalıp tipi, kimyasal dayanımlı tip, vinil ester ve başka özel amaçlı reçinelerden de jelkot üretiminde yararlanılmaktadır. Kullanılan E camın mekanik özellikleri tablo 1 de görülmektedir.

**Tablo 1.** E camın mekanik özellikleri

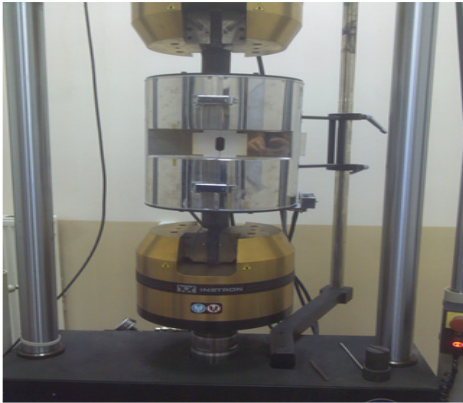
Malzeme	Çekme Dayanımı (MPa)	E Modülü (GPa)	Özgül Ağırlık
E Cam	3000-5000	72-82	2.48-2.60,32
Özellikler Yüksek mukavemet, Çok iyi kalıplama, Düşük maliyet			

Pultruzyon’ da cam elyaf takviyesi olarak kullanılan devamlı fitil (WR3) dokunmuş fitil, keçe veya bunların kombinasyonlarından bir veya birkaçı tercih edilerek, önce termoset reçine banyosundan, sonra da bir dizi şekillendirme kılavuzundan geçirilir. Isıtılmış çelik kalıp içinden geçirilerek, belirlenen kesitte sertleşmesi sağlanır. Şekillendirme kılavuzları, reçinenin cam takviye malzemesine en yüksek düzeyde penetrasyonunu sağlamak amacıyla kullanılır. Kalıptan çıkan ürün kesme aparatları aracılığı ile istenilen uzunluklarda kesilir. Pultruzyon yöntemi, düşük işgücü gerektirmektedir. Üretim hızı genel olarak dakikada 0.7 m.-1.3

m. olup, çekilen parçanın uygun yapıya sahip olması halinde 3,5 m. hıza kadar yükselebilen otomatik bir prosestir.

Ticari olarak kullanılabilir bir pultruzyon prosesinde ekipman şöyledir: Takviye malzemelerinin depolanması ve dağıtımı için keçe ve fitil sehpaları. Takviye malzemelerinin ıslanmasını sağlayan reçine banyoları. Takviye malzemesini kalıbın şekline göre ön şekillendirmeye tabi tutan ve reçinenin fazlasını ayıran şekillendirme kılavuzları. Operatörün kalıp sıcaklıkları, çekme hızı, çekme biçimi, kesme uzunlukları gibi tüm makine fonksiyonlarını kontrol edebileceği kontrol paneli. Çekilen takviye malzemelerini istenilen uzunlukta kesmek için kesme bıçakları ve kesim sırasında oluşan tozları otomatik olarak toplayacak bir aspiratör sistemi.

Şişecam Kırpma Ürünleri, E-camı elyafının istenen uzunluklarda kırılması ile üretilir. Cam lifleri, kalıplanacak reçine niteliklerine uygun bir bağlayıcı ile kaplanmaktadır. Numune boyutları: 50x8 mm silindirik numuneler şekline getirilip şekil'2 deki sürünme test cihazında teste tabi tutulmuştur.



**Şekil 3.** Sürünme test cihazı ve düzeneği

### 3.Deneysel çalışmalar ve sonuçlar

Üretici firmadan tedarik edilen CTP numuneleri ham numune ve van gölü suyunda 2 yıl boyunca yaşlandırılmış numunelerin çekme dayanımı,% uzaman , gerilme dayanımı, elastisite modülü ve sürünme özellikleri ilgili standart çerçevesinde instron 8802 servo hidrolik test cihazında belirlendi. Hazırlanmış olan numunelerin yoğunlukları da Archimedes yöntemi ile ölçülmüştür (Switzerland- Presciva XB 320 M).

**Tablo 2** CTP nin ağırlık ve yoğunluk ölçümleri

No	Havadaki Ağırlık (g)	Sudaki Ağırlık (g)	Yoğunluk g/cm <sup>3</sup>
1	2,508	1,11	1,785
2	2,47	1,087	1,761
3	2,566	1,141	1,778
4	2,425	1,08	1,81
5	2,694	1,224	1,828

Görünür katı yoğunluğu:

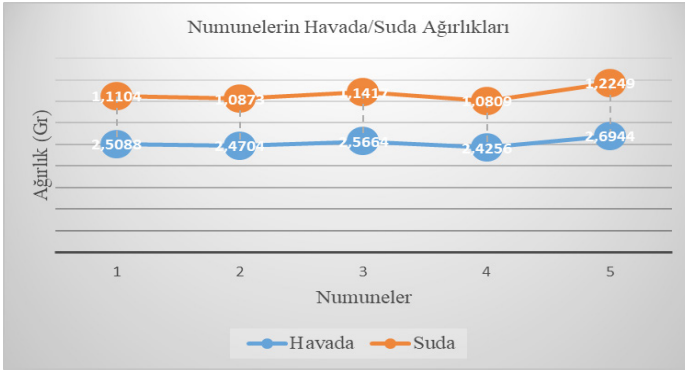
numune kütlesi/görünen katı hacmi=

$$[WK / (WK - WA)] \times \rho_{sıvı} \quad [19].$$

WK = Kuru numunenin havadaki ağırlığı (g)

WA = Su ya da sıvı emdirilmiş numunenin su içindeki asılı ağırlığı (g)

(g)  $\rho_{sıvı}$  = Kullanılan sıvının (genellikle su) yoğunluğu



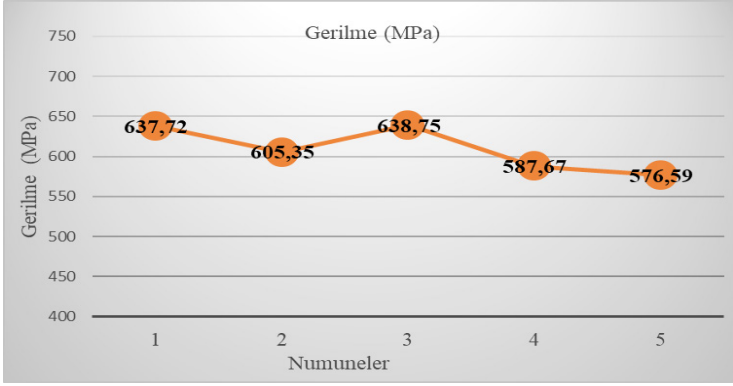
**Şekil 4.** Üretilen CTP'nin ağırlık ölçümleri

Yapı tasarımında kullanılacak CTP malzemesinin mekanik özelliklerini belirlemek için, ASTM 3039 standardına göre çekme deneyleri yapılmıştır. Öncelikle Şişe cam A.Ş'dan temin edilen (10x1000 mm) küresel çubuk CTP numuneleri ilgili standartlar [19] ve deney şartlarına uygun olarak 10x500 mm (78,5 mm<sup>2</sup> kesit alanlı silindirik çubuk) boyutlarında hazırlanmıştır. Çekme deneyi oda şartların da Instron 8802 servo hidrolik test makinasında yapılmıştır. Çekme test düzeneği Şekil 3'te görülmektedir.

Çekme test sonuçları Tablo 3 ve Şekil 4'te gösterilmiştir.

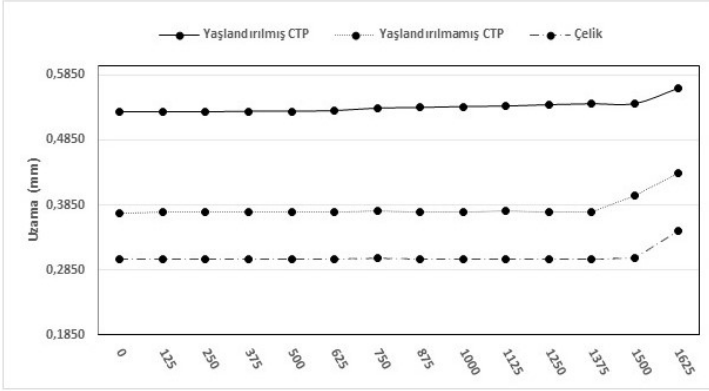
**Tablo 3.** CTP çekme test sonuçları

No	Uzama (%)	Çekme Kuvveti (N)	Gerilme (MPa)	E Modülü (GPa)
1	2,1	32039,3	408,1	19075,2
2	1,9	30412,9	387,4	19762,5
3	2,06	32091	408,8	19797,1
4	1,84	29524,8	376,1	19732,4
5	2,01	28968	369	18306,5

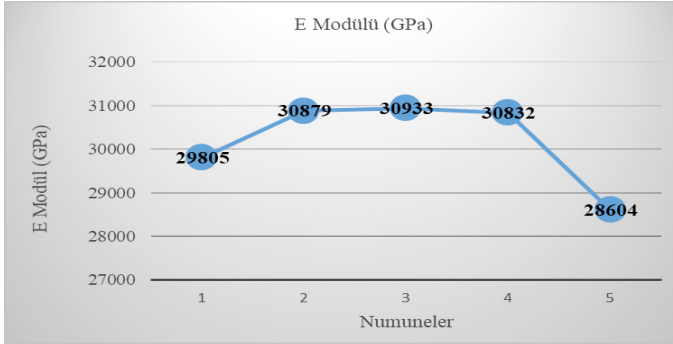


**Şekil 5.** Çekme testi gerilme sonuçları

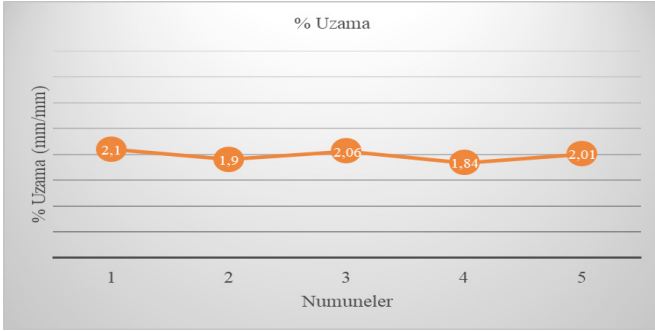
Sünme testi için INSTRON marka 8861 sünme test cihazı kullanılmıştır. Bu çalışmada düşük karbonlu silindirik inşaat çeliği numunesi, Van gölü suyunda 3 yıl boyunca yaşlandırılmış CTP ve yaşlandırılmamış silindirik CTP numuneleri kullanılmıştır. Test 24 saat süreyle oda sıcaklığında ve 45 MPa sabit statik yük altında gerçekleştirilmiştir. Static sürünme testinde sinusoidal bir yükleme uygulanmıştır. Bu çalışmada; Düşük karbonlu çelik ve pultruzyon metodu ile üretilmiş olan silindirik CTP numuneler kullanılarak bunların mekanik davranışları incelenmiştir. Aynı çaplara sahip düz silindirik ve düzgün yüzeye sahip yaşlandırılmış ve yaşlandırılmamış CTP numuneleri ile aynı çaptaki çelik numuneler karşılaştırılmıştır. Bu amaçla hazırlanan numuneler ayrıca eğilme testine de tabi tutulmuş ve Şekil 6,7 ve 8’de gösterilmiştir.



Şekil 6. Sürünme testine tabi tutulan malzemelerin uzama- zaman test sonuçları



Şekil 7. Çekme testi E Modül değerleri



**Şekil 8.** Çekme testi % uzama değerleri

Bu çalışmada Van gölü suyunda 2 yıl yaşlandırılan CTP malzemesi ile yaşlandırılmamış CTP ve düşük karbonlu çelik karşılaştırması yapılmıştır. Sünme testi; 23 0C oda sıcaklığında, 50 MPA sabit gerilme (yük) altında ve 1625 dakika süreyle yapılmıştır. Yapılan 1625 dakikalık çalışma sonunda yaşlandırılmış CTP numunesinde uzama oranı 0,532 mm ( % 10,6), yaşlandırılmamış CTP numunesinde uzama oranı 0,355 mm (% 7,1) iken çelik numunede bu oran 0,294 mm (% 5) olarak görülmüştür. Yapılan testlerin sonuçları açıkça göstermektedir ki yaşlandırılmış CTP numunesinin uzama oranı yaşlandırılmamış CTP'den ve çelikten yüksektir. Grafiklerden de görüldüğü üzere yaşlandırılmış CTP'nin uzama oranı; yaşlandırılmamış CTP'den % 12, çelikten ise % 52 daha fazladır.

### 3.Sonuçlar

Yapılan çalışma da 2 yıl Van gölü sodalı suyunda yaşlandırılmış olan cam elyaf takviyeli plastik numuneler ile yaşlandırılmamış aynı muadil malzeme ve düşük karbonlu inşaat çeliğinin mekanik özellikleri karşılaştırıldığında aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

Yapılan 1625 dakikalık yorulma testi sonucunda yaşlandırıl-

mış CTP numunesinde uzama oranları yaşlandırılmamış CTP numunesinde uzama oranı yakın iken çelik numuneden daha yüksektir.

Çekme testlerinde yaşlandırılmamış CTP numunesinin çekme dayanımı yaşlandırılmış CTP'den ve çelikten yüksektir ve düşük karbonlu çelik değerlerine yakındır.

Elde edilen verilere göre CTP takviyeli malzemenin korozyona uğramış hali bile düşük karbonlu inşaat çeliği özelliklerine yakın olup, bu sektörde kullanılabilirliğinin yüksek olduğu ortaya çıkmaktadır.



## KAYNAKLAR

1. HOLMES, M. and Just, D.J., GRP in Structural Engineering, Applied Science Publishers Ltd., New York, 1983
2. Cumhuri A, Cam fiber takviyeli plastiklerin fiziksel ve mekanik özelliklerinin belirlenmesi, Hitit Üniversitesi, Meslek Yüksekokulu, Türkiye (2016)
3. Strong B.; “Plastics Materials and Processing, Second Edition”; Prentice Hall, Columbus, OH, 2000
4. R.W. Fulmer; “S-2 Glass Fiber Bridges a Gap in the Reinforcement Spectrum”, Paper presented at the National-SAMPE Symposium, Society for the Advancement of Material and Process Engineering, 1980
5. W.W. Wolf; “The Glass Fiber Industry – The Reason for the Use of Certain Chemical Compositions”; Seminar presented at University of Illinois, Urbana, IL, 1982
6. M Sarıbiyik, A Piskin, A Sarıbiyik The effects of waste glass powder usage on polymer concrete properties, Construction and building materials, 2013
7. Meyer R.W.; “Handbook of Pultrusion Technology”, Chapman and Hall, New York, 1985
8. <http://www.pultruder.com> (Erişim Tarihi: Temmuz 2006)
9. Composites, Engineered Materials Handbook, ASM International, 1987
10. <https://www.poliya.com.tr/pultruzyon>
11. M. El-Hawary, H. Abdel-Fattah Temperature effect of mechanical behavior of resin concrete Constr Build Mater, 14 ), pp. 317-323 ArticleDownload PDFView Record in Scopus (2000)
12. Ekiz Y, Sarıbiyik M, Aydın F, Betonarme Kirişlerde Cam Elyaf Takviyeli Plastik Donatıların Kullanımının Araştırılması

13. L.K. Aggarwal, P.C. Thapliyal, S.R. Karada Properties of polymer-modified mortars using epoxy and acrylic emulsions *Constr Build Mater*, 21, pp. 379-383 ArticleDownload PDFView Record in Scopus (2007)
14. H. Abdel-Fattah, M. El-Hawary Flexural behavior of polymer concrete *Constr Build Mater*, 13, pp. 253-262 ArticleDownload PDFView Record in Scopus (1999)
15. J.M.L. Reis Fracture and flexural characterization of natural fiber-reinforced polymer concrete *Constr Build Mater*, 20, pp. 673-678 ArticleDownload PDFView Record in Scopus (2006)
16. Ohama Y. New Developments and Environmental Issues in Concrete-Polymers Composites. In: 8th ICPIIC Oostende-Belgium, July 3–5, p 27. (1995)
17. Sarıbıyık M, Cumhuri A, Aydın F, Sarıbıyık A , Türkiye Pultruzyon Metodu ile Üretilen Cam Fiber Takviyeli Plastik Profillerin Sera Modellemesinde Kullanılması Uluslararası Deprem ve Yapı Mühendisliğinde Gelişmeler Sempozyumu,674-682, (2007)
18. ASTM 3039 “Standard Test Method for Tensile Properties of Polymer Matrix Composite Materials”, 2006.
19. TS 4650-2, “Plastikler - Cam Elyaf Takviyeli - Fitille Takviye Edilmiş Reçine Çubukların Mekanik Özelliklerinin Tayini – Bölüm 2: Eğilme Mukavemetinin Tayini”, Ankara,1997.

● Bölüm-3 ●

SANDIKLI  
(AFYONKARAHİSAR, TÜRKİYE)  
YÖRESİ VOLKANİK TÜFLERİ  
KATKILI SERAMİK KARO  
KOMPOZİSYONLARININ  
SİNTERLEME KİNETİKLERİ ve FAZ  
DEĞİŞİMİNİN İNCELENMESİ

*Dr. Öğr. Üyesi Özgür CENGİZ<sup>1,2</sup>*

*Dr. Öğr. Üyesi Pınar UYAN<sup>3, 4</sup>*

---

1 Sorumlu Yazar

2 Afyon Kocatepe Ün. Güzel Sanatlar Fakültesi, Seramik Bölümü, 03200, Afyonkarahisar, Türkiye

3 Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Meslek Yüksek Okulu, Metalurji Programı, 11210, Bilecik, Türkiye

4 Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Biyoteknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezi 11210, Bilecik, Türkiye



## 1. GİRİŞ

Ülkemizin zengin maden yataklarına sahip olduğu göz önünde bulundurulduğunda, yerel ve alternatif hammadde kullanım olanakları ile ilgili ayrıntılı olarak yapılması gereken pek çok araştırma bulunmaktadır. Seramik karo üretim sürecinde öncelikle yurt dışından temin edilmesi gereken hammaddelerin bünye içinde kullanım miktarlarının azaltılarak alternatif ve yerel hammadde kullanım çalışmalarına devam edilmelidir. Seramik sanayinin ağırlıklı olarak bulunduğu bölge değerlendirildiğinde, ilimizin seramik hammadde kaynakları bakımından zengin olduğu düşünülmektedir.

İlimizin seramik hammaddeleri potansiyeli bakımından değerlendirilmesi çalışmaları yapılmaktadır (1). Sandıklı yöresi (Afyonkarahisar, Türkiye) volkanik tüflerinin kullanım potansiyeli ile ilgili yapılan çalışmalar, karo üretiminde kullanılabilirlik olasılığı üzerinde durmaktadır (2). Yerel ve karo üretim endüstrisine yakın bölgelerde bulunan killer ve feldispatlarla ilgili genel birtakım çalışmalar yapıldığı ve kaplama malzemeleri üretimi için potansiyel alternatif hammaddeler olarak kullanılabilirliklerinin ortaya konduğu bilinmektedir (1-3). Kullanım aşamasında enerji tüketim ve maliyet bakımından en önemli aşama olan pişirim basamağının değerlendirilerek, sinterleme aşamasının kinetik açıdan değerlendirildiği bir çalışma bulunmamaktadır.

Bu çalışma kapsamında, Sandıklı yöresi volkanik tüflerinin bünyede alternatif bir hammadde olarak kullanım potansiyelini araştırılmıştır. Ayrıca, literatürde seramik porselen karo ve/veya yer karosu sinterleme prosesi ve kinetiği ile modelleme üzerine yapılan sınırlı sayıdaki çalışmalardan da

## 2. KAPSAM VE YÖNTEM

### 2.1. Volkanik Tüfler ile İlgili Yapılan Çalışmalar

Volkanik kayaçların, geçmişteki plaka hareketlerini belirlemedeki etkin rolleri ve ülkemizin son derece hareketli olan Alp Kuşağında yer alması nedeniyle Anadolu'daki volkanik kayaçlarda, son yıllarda çeşitli araştırmacılar tarafından çok sayıda jeokimyasal, petrografik ve jeo-kronolojik çalışmalar yapılmış ve Türkiye'nin jeodinamik evrimine ilişkin çeşitli görüşler öne sürülmüştür (4). Yapılan bir çalışmada, Orta Anadolu'daki Senozoyik volkanitlerinde volkanizmanın bölgesel olarak dağılımı, jeokimyasal ve petrografik özellikleri ve yaş sorunlarını belirterek plaka tektoniği açısından kökensel yorumları yapılmaktadır. Eskişehir-Afyon-Isparta-Burdur-Antalya-Ankara-Konya-Mersin-Adana-Niğde-Nevşehir-Kırşehir-Kayseri ve Yozgat illerinin yer aldığı inceleme alanında yaygın yüzlekler veren Senozoyik yaşlı volkanik kayaçlar; araştırmacılarca yapılan jeolojik, petrolojik ve jeokronolojik çalışmaların ışığı altında yaşlarına göre gruplandırılmış ve haritalanmıştır. Buna göre, Afyon-Sandıklı çevresinde Miyosen yaşlı volkanizma çok geniş alanlarda farklı volkanik ürünler oluşturmaktadır (4). Afyon'un güneyinde yer alan volkanik kayaçlar başlıca, trakit- trakiandezit ve az oranda andezit bileşiminde iken, Afyon'un kuzeyinde yüzeylenen volkanik kayaçlar ise, ağırlıklı olarak trakiandezit, andezit ve bazalt akıntılarında oluşmakta, nötr ve asidik karakterdeki kayaç bileşimindedir (5). Afyon il merkezi çevresinde incelenen volkanik kayaçların alkalice zengin olmalarına karşın, alkalice zengin kayaçlarda bulunması gerekenden farklı bir kimyasal bileşime sahip olduklarını, örneğin daha az silis ve bulunması gerekenden daha fazla MgO içerdiklerini belirtilmekte ve Afyon kalesinin üzerinde yer aldığı lavlar, trakiandezit olarak adlandırılmaktadır. Afyon volkanitleri aşırı yüksek potassik bir volkanik seriyi oluş-

tururlar ve Batı Anadolu’da Bodrum, Denizli ve Dikili-Bergama dolaylarında görülen şoşonitik nitelikli kıta içi volkanizmasının eşleniği olup, bu volkanizmanın daha doğuya doğru da devam ettiğini kanıtlarlar (4).

Tektonik oluşlarla sıkı bir birlik halinde volkanik ve post-volkanik hâdisatı ele almak yerinde olur. Ovanın doğu sınırında (yukarda da söylediğimiz gibi) Afyonkarahisar’ın muazzam trakit-andezit volkanizmasının teşekkül payı vardır. Miosen içinde veya Miosen başlangıcında çatlaklar hâsıl olurken, bölgemiz içindeki nihai volkanizmanın da yolları açılmıştır. Volkanizma burada bir tuf şevki ile başlamış olup, batı kademesindeki Miosenin tüfsüz olması karşısında bu volkanizma şevkinin pek uzaklara erişmiş olduğu tahmin olunamaz. Yalnız orta eşik ile ovanın doğu sınır arasında tuf zuhurlarına raslanır (6).

Afyonkarahisar-Sandıklı yöresi volkanik tüflerinin mineralojik, petrografik ve jeokimyasal özellikleri üzerine gerçekleştirilmiş çalışmalar mevcuttur (5,7). Bölgede yer alan tüflerde yaygın zeolit oluşumları gözlenmiştir. Selçik köyü çevresinde yer alan zeolitik tüflerin %25-65 arasında sabazit, Ballık tüflerinin ise %35-65 arasında fillipsit ve şabazit içerdiği belirlenmiştir. Fillipsit, Ballık, Küfeke ve Ömerkuyu alanlarında, şabazit ile eşlik etmektedir (7,8).

Uşak kuzeyindeki aglomeraların ve Sandıklı çevresindeki tüflerin jeolojik, petrografik ve petrokimyasal incelemesi yapılmış, bunların teknolojik özellikleri araştırılmıştır. Bölgedeki aglomera ve tüflerin belirli tane boyutlarında kullanıldıklarında dayanımı artıracığından yalıtımlı hafif beton üretimi için kullanılabilceği sonucuna ulaşılmıştır. Yapılan bir diğer çalışma sonucunda, inceleme alanındaki zeolitik tuf, tüfit ve altere olmuş lavların tras olarak kullanılabilceği, çimentoya %15-30 oranında katılmasının uygun olacağı belirlenmiştir (7,8).

Volkanik tüfler puzolanik çimento üretiminde katkı olarak

yaygın bir biçimde kullanılan, çeşitli volkanik hareketler sonucu parçalanmış kayalardır. Yapılan bir çalışmada, Afyonkarahisar bölgesine ait öğütülmüş volkanik tuf ve bağlayıcı olarak sönmüş kireç kullanılmıştır. Hafif beton örnekler ağırlıkça %75 oranında öğütülmüş tuf ve %25 oranında kireç olacak şekilde hazırlanmıştır. Mineral katkı maddelerinden biri olan traslar doğal puzolanlar grubuna giren, silis ve alüminyum bileşimli volkanik bir tüftür. Tüfler uygun özellikleri sağlaması halinde, traslı çimento yapımında kullanılmaktadır (9). Tras olarak bilinen tüfler *portland* kompoze çimento imalatında katkı maddesi olarak kullanılırlar (10). Yapılan bir diğer çalışmada, Ayazın (Afyon) civarında yüzeylenmiş olan tüflerin çimento sanayiinde tras olarak kullanılabilirliği araştırılmıştır. Çalışma alanı, Afyon'un kuzeyinde yer alan en yaşlı birim paleozoyik yaşlı şistlerdir. Afyon metamorfikleri adı verilen bu metamorfik temelde mikaşist, kalkışist, kuvarslı şist ve fillit egemendir. Çimento içine katılacak traslarda istenen  $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$  toplam değerinin en az %70 olması gerekmektedir. Ayazın tüflerinin bu değerleri tamamen sağladığı görülmüştür. Zengin volkanik cam fazı ve düşük kil oranı içeren Ayazın tüflerinin katkılı *portland* çimentosu üretiminde (KPC) katkı maddesi olarak kullanılmasının uygun olduğu görülmüştür (10).

Bir başka çalışmada ise Seyitömer (Kütahya) uçucu külü ve Afyonkarahisar yöresi volkanik tufünden üretilen beton örneklerle farklı kür yöntemleri ve kür süreleri uygulanarak, puzolanik aktiviteleri belirlenmiş ve bu puzolanların çimento ve beton üretiminde kullanılabilirliği araştırılmıştır (9).

Volkanik tüfler, oluşumlarından dolayı doğal bir puzolan malzeme olması sebebiyle sıva harcı üretiminde kullanılacak endüstriyel bir hammadedir. Bir çalışmada, volkanik tuf (Aksaray) oluşumlarının sıva harcı olarak kullanımına uygunluğunu araştırılmıştır (11). Suni mermer üretiminde traverten artığı ve volkanik tuf katkısının etkilerinin incelendiği bir çalışmada ise,



üretilen traverten ve volkanik tuf katkılı deney numuneleri üzerinde ultrases (ses geçirgenlik) deneyi, basınç dayanımı testi ve dona dayanım testi yapılmıştır. Volkanik tuf katkılı numunelerde gözenekli yapıdan dolayı paralel olarak ultrases hız değerleri artarken basınç mukavemeti değerlerinin düştüğü gözlenmiştir (12). Volkanik tüflerin yapısal özelliklerini belirlenmesi ile ilgili birçok çalışma yapılmıştır. Tuf yüzeyi gözeneklerinin özellikleri, *Birikinti Geometrisi* kullanılarak incelenmiştir (13).

Bir başka çalışmada da, Elvanpaşa (Afyon) trakiandezitlerinin kaplama malzemesi olarak kullanıma izin veren basınç dayanımı ve eğilme dayanımı, ekonomik açıdan kolay kesilebilmesi ve iyi kenar-köşe vermesi gibi özelliklerinden dolayı doğal taşların kullanıldığı mekanlarda başarı ile kullanılabilir durumda olduğu tespit edilmiştir. Volkanik tuf ocaklarında (Kapadokya, Nevşehir) kesim sonucu çıkan atıkların değerlendirildiği bir çalışmada, volkanik tuf tozları ile mermer tozları kullanılarak üretilen kompozit ürünlerin yapı sektöründe kullanılabilirliği görülmüştür. Yapılan bir başka çalışmada, Döğer (Afyon) yöresi tüfleri, restorasyon çalışmalarında kullanılmak üzere karakterize edilmiş ve değerlendirilmiştir (10-15).

Afyon volkanik tüflerinin duvar karolarında % 9-15 (ağ.) arasında değişen oranlarda kullanıldığı bir çalışmada, volkanik tüflerin karoların nihai özelliklerini bir miktar değiştirdiği gözlenmiştir. Tüflerin yer karolarına ilave edildiği bir diğer çalışmada ise, %11-24 (ağ.) arasında değişen oranlardaki tuf ilavesinin yer karosu bünyelerinde kil, kaolen ve pegmatit miktarlarının azaltılarak kullanımının uygun olduğu tespit edilmiştir (3-11).

Bu çalışmada, Afyonkarahisar-Sandıklı yöresinde bulunan volkanik tüflerin mineralojik ve fiziksel özelliklerinin ayrıntılı olarak incelenerek, seramik karo endüstrisinde alternatif ve yerel bir hammadde olarak kullanım potansiyelinin değerlendirilmesi ve buradan hareketle seramik karo kompozisyonları geliştirilerek

Üretim ve piŒirim sürecine etkilerinin ayrıntılı olarak incelenmesi amalanmaktadır. alıŒmanın ilk basamağında incelenen tf, hazırlanan bünye formülasyonlarında *flux* (ergitici) zellik sağlaması iin tercih edilen hammaddeler yerine kademeli olarak yer deđiŒtirilerek kullanılmıŒtır. İkinci basamakta, tf ilaveli seramik karo kompozisyonlarının sinterleme (piŒirim) prosesi üzerine etkileri ayrıntılı olarak ele alınacak ve faz oluŒumu üzerine etkileri incelenecektir. Sinterleme esnasında meydana gelen reaksiyonlar kinetik aıdan değerlendirilecek ve nihai ürün üzerindeki etkileri de yorumlanabilecektir. Ergitici özellikte olduğu dŒnlen yerel bir hammaddenin, seramik karo üretim prosesi ve nihai ürüne etkileri kapsamlı olarak araŒtırılarak hammaddenin değerlendirilebilirlik potansiyelinin incelenmesi, alıŒmanın asıl amacını teŒkil etmektedir.

Bu alıŒma kapsamında; Sandıklı yöresi volkanik tfnn hammadde karakterizasyonu; mineralojik karakterizasyon, termal (ısıl) zellik inceleme ve fiziksel karakterizasyon yapılmıŒtır. Daha sonraki aŒama, tf katkılı yeni bünye reetelerinin geliŒtirilerek piŒirim sonrası nihai ürünün fiziksel ve teknolojik özelliklerinin incelenmesi, bünye karakterizasyonu (su emme, mukavemet, boyutsal deđiŒim, renk) gibi fiziksel özelliklerin belirlenmesinden ve tf katkılı bünyelerin piŒirim esnasında oluŒan fazlara etkileri gibi teknolojik özelliklerinin belirlenmesinden oluŒmaktadır. Bu doğrultuda yapılan alıŒmalar, önce laboratuvar lekte gerekleŒtirilmiŒtir. alıŒmanın son aŒamasında, geliŒtirilen seramik karo bünyelerin sinterleme kinetikleri irdelenmiŒtir.

## 2.2. Sinterleme Kinetiği Modelleme ve Yaklaşımlarının Yorumlanması

Sinterlemede madde hareketi mekanizmalarının saptanabilmesi nihai ürünün özelliklerinin belirlenmesi açısından önemlidir. Bu konu sinterleme biliminin başlangıcından bugüne kadar toz metalurjistlerini meşgul etmiştir. Dolayısı ile, sinterleme kinetiğinin incelenmesi oldukça önemli bir konudur. Sinterleme mekanizmasının belirlenmesi için birçok metod kullanılmaktadır. Bunların içinde, sıkıştırılmış tozların sabit sıcaklıkta büzülmelemlerini inceleyebilen dilatometre çalışmaları en çok uygulanmıştır. Dilatometre deneylerinden sinterlenen malzeme hakkında, sinterleme kinetiği ve sinterlenebilirlik ile ilgili çok önemli bilgiler elde edilebilmektedir (16).

Seramikler ve karoların kalitesi, büyük oranda sinterleme prosesinden etkilenmektedir. Pişirim aşamasının sinterlemeyi etkileyen en temel parametreleri, pişirim sıcaklığı ve bu sıcaklıkta kalma süresidir. Bu süre, proses kinetiklerini etkilemektedir (17).

Seramiklerde, baskın sinterleme mekanizmasının tahmini ve buna mukabil sıcaklık rejimi, optimum sinterleme prosesinin gerçekleştirilebilmesi için önem taşımaktadır (18).

Sinterleme kinetiği, aktive edilmiş hacmin taşınımı prosesi olarak görülmektedir. Aktive edilmiş hacim; sinterleme prosesi esnasındaki kütle taşınımını ifade eder. Teorik olarak sinterleme prosesi denklem, bu parametre kullanılarak yapılmaktadır (19).

İleri teknoloji seramiklerde yapılan bir çalışmada, sinterleme prosesinin kinetikleri, sabit ısıtma hızı tekniği ile ve görünür aktivasyon enerjilerinin tahmini ve *MSC (Master Sintering Curve)* yaklaşımı ile belirlenmiştir (18).

Orts ve arkadaşları (1993) tarafından yapılan bir çalışmada, düşük gözeneğe (poroziteye) sahip olan karolarda sinterleme mekanizması, pişirim esnasında değişen porozitelere bağlı olarak değerlendirilmiştir. Numuneler, farklı basınçlarda preslenmiş

ve nem ihtivaları test edilerek başlangıç gözenek (porozite) miktarlarının etkisi belirlenmiştir. Pişirim sürecinin etkisi, farklı sıcaklık ve pişirim sürelerinde, 'izotermal' deneylerle çalışılmıştır. Orts ve Escardino (1993) tarafından yapılan bir diğer çalışmada, yer karolarının pişirim ile mikro-yapılarında meydana gelen değişimler araştırılmıştır. Bu amaçla, standart kompozisyonda düşük poroziteli seramik karoların pişirim davranışı, sinterleme mekanizmalarını çalışmadan önce incelenmiştir. Farklı sıcaklıklarda pişirilen numunelerin porozite, mikroyapı ve mineralojik kompozisyonlarında meydana gelen değişimler değerlendirilerek temel fiziko-kimyasal dönüşümler incelenmiştir (20).

Yapılan bir kinetik çalışmada, porselen (*stoneware*) karolarında sinterleme esnasında meydana gelen porozite oluşumu, *Navier-Stokes* kullanılarak, bekleme süresinin bir fonksiyonu olarak toplam porozitenin eliminasyon mekanizması, matematiksel bir modelleme ile incelenmiştir. Sonuç olarak, nefelin ilavesinin toplam poroziteyi en düşük düzeye getirdiği, toplam ve kapalı porozite küçülmeyi artırarak yoğunluğu da artırdığı görülmüştür (Jazayeri ve Salem, 2007).

Yapılan bir diğer çalışmada, porselen (*stoneware*) bir bün-yede feldispat hammaddesi yerine panel katot ışını tüpü (CRT) camı kullanılması potansiyeli incelenmiştir. %35 sodyum feldispat içeren standart bir karışım ve kompozisyon, feldispat yerine CRT camı kullanılarak hazırlanmış ve 1000-1250°C sıcaklık aralığında farklı sıcaklıklarda sinterlenmiştir. Yoğunlaşma derecesi kapalı ve toplam porozite değerlendirilerek incelenmiş; sinterleme hızı izotermal olamayan dilatometrik ölçümler ile elde edilmiştir. Kristal faz kompozisyon değişimi XRD analizi ile değerlendirilmiştir. Seramik numuneleri değişen oranlarda CRT camı (% 2,5;5;10 ağı.) ihtiva edecek şekilde hazırlanmış ve endüstriyel fırında pişirilmiştir. Sinterleme parametreleri, mikroyapı ve mekanik özellikler ölçülerek standart ile karşılaştırılmıştır (21).

*Frenkel*'in sinterleme teorisinin prensiplerinin değerlendirildiği bir çalışmada, teorinin sinterlemenin ilk fiziksel teorisi olduğu ve sinterlemenin viskoz akışı takip eden iki aşamada gerçekleştiği ifade edilmiştir. *Frenkel*'e göre sinterleme, yüzey gerilimi etkisiyle viskoz akışa bağlı olarak meydana gelmektedir. İki partükül arasında temas bölgesindeki yüzey artışı, aralarındaki porların tamamen ayrılmasına dek sürer. İkinci aşamada ise porlar tamamen kapanır. Ancak bu sinterleme modelinin gerçek toz sistemlerinde sinterleme prosesi olarak değerlendirilmesini güçleştirir. Bu sinterleme olgusu teorileri, çoğunlukla sinterlemenin idealize fiziksel açıklamasından ziyade önemli pratik anlamlar taşımaktadır (22). Viskoz akış densifikasyonu ile ilgili bir model geliştirilmiştir. Densifikasyonun yarı-katı sisteme karşı etki eden kapiler kuvvetler tarafından başlatıldığı ancak densifikasyonun, partiküllerin, tane sınırlarındaki sıvı tarafından yumuşatılmasına değin ertelendiği ve viskozitenin sıcaklık artışı ile düştüğü değerlendirilmiştir (23).

Optik dilatometre küçülmenin belirlenerek,  $K$  sinterleme hız sabiti, farklı sıcaklıklarda izotermal deneylerle elde edilmiş sonuçlardan alınarak, aktivasyon enerjisi ve reaksiyon hız sabitinin denkleme yerine konularak, magnetit peletler için sinterleme kinetiğinin değerlendirildiği çalışmalar da mevcuttur (24).

Bu çalışmada sinterleme kinetiği, 'izotermal olmayan sıcaklık metodu' ile çalışılmıştır. Sinterleme mekanizması viskoz akış olarak kabul edilerek aktivasyon enerjisi değerleri karşılaştırılmıştır. Sinterleme kinetiği çalışmasında küçülme değerleri üç farklı ısıtma hızlarında belirlenecektir (10, 20, 30 °C/dak). Sinterlemenin viskoz akış modeli, *Frenkel modeli* <sup>[1]</sup> denklemi ile tanımlanmıştır.

$$^{[1]} \text{Frenkel viskoz akış modeli: } \Delta L/L_0 = [3\sqrt[3]{8\eta(T)r}]t$$

*Burada;*

$\Delta L/L_0$ : Küçülme

$\Upsilon$ : yüzey gerilimi

$\eta(T)$ : sıcaklığa bağlı kayma viskozitesi:

r: tane yarıçapı

t: süre

Bünyelerin farklı sıcaklıklardaki küçülme davranışlarının ve buradan hareketle sinterleme kinetiklerinin belirlenmesi düşünülmüştür.

Amorf fazların viskozitesindeki değişimler (alkali oksit ve sıcaklığa bağlı olarak), aktivasyon enerjisi değişiklikleri, amorf faz miktarı gibi sinterleme kinetiğini etkileyen parametreler üzerinde durularak sinterleme davranışı, kinetik açıdan yorumlanmıştır. Deneysel viskozite değerleri ve bünyede oluşan fazlar ile sinterleme kinetikleri genel bir çerçevede açıklanmıştır.

Bu doğrultuda, geliştirilen seramik karo bünyeler için yapılan sinterleme kinetiği çalışmalarında aktivasyon enerjisi değerleri izotermal olmayan(non-isothermal) yöntem kullanılarak hesaplanmıştır. Bünyelerde farklı ısıtma hızlarında (10, 20 ve 30°C/dak.), sıcaklığa bağlı olarak oluşan küçülme değerlerinden hesaplama yapılmıştır. Ölçülen aktivasyon enerji değerleri yaklaşık 260-320 kJ/mol aralığında belirlenerek hesaplamalarda kullanılmıştır. Sodyum oksit (Na-feldispat) içeriğinin yüksek, volkanik tüf içeriğinin düşük olduğu bünyelerin aktivasyon enerji değerleri daha yüksek çıkmıştır. Buna göre, volkanik tüf içeren bünyeler sodyum feldispat içeriği yüksek, volkanik tüf içeriği düşük bünyelere göre daha kolay sinterlenmiştir.

### 3. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

#### 3.1. Kullanılan Malzemeler

Çalışmanın ilk etabında, Sandıklı-Afyonkarahisar yöresi ve çevresinde ön-fizibilite çalışması yapılarak hammadde (volkanik tüf) temin edilmiştir. Kullanılması düşünülen hammadde, Sandıklı yöresinde farklı noktalardan elde edilerek kapsamlı bir hammadde karakterizasyonu yapılmıştır. Seramik (yer ve duvar karosu) bünyelerde kullanım oranı, süreç parametreleri inceleyerek ve literatürden faydalanılarak belirlenmiştir. Seramik karo bünye formülasyonuna dahil edilme aşamasında *Seğer* formülasyonundan yararlanılmıştır.

Çalışmada kullanılan killer ve kaolen, İstanbul ve Manisa'dan temin edilmiştir. Sodyum feldispat Balıkesir ve kuvars kumu İstanbul'dan temin edilmiştir. Pişirim esnasında ergiticilik, feldispat ile sağlanmıştır. Volkanik tüfün silika/alumina oranına etkisi, demir içeriğinin fiziksel özelliklere etkisi ve potasyum oksit içeriğinin formülasyondaki yeri göz önünde tutularak bünye geliştirme çalışmaları yapılmıştır.

**Çizelge 1.** Bünyelerde kullanılan hammaddelerin kimyasal oksit yüzdeleri (% ağırlıkça)

Ağırlıkça %	Volkanik Tüf	Kil	Albit	Kaolen	Kuvars
SiO <sub>2</sub>	73,46	59,17	69,90	68,24	97,46
TiO <sub>2</sub>	0,13	1,14	0,10	0,41	-
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	14,29	23,70	18,85	20,73	1,31
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,06	3,46	0,14	1,85	0,08
CaO	1,02	0,18	0,03	0,09	0,04
MgO	0,24	0,68	0,07	0,03	0,03
Na <sub>2</sub> O	1,60	0,17	10,20	-	0,45
K <sub>2</sub> O	3,82	2,60	0,25	0,10	0,33
A.Z.	4,5	8,17	0,45	8,21	0,23

### 3.2. Seramik Bünye Geliştirme Çalışmaları

Bünye geliştirme aşamasında, Seger formülasyonu uygulanmıştır.  $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$  oranının belli bir düzeyde tutulması sağlanmış; alkalilerin toprak alkalilere oranlarında değişiklikler yapılmıştır. Volkanik tüf ilavesinin belirli bir oranda tutulması (optimum) ile bünyelerde farklı sıcaklıklarda ve sürelerde pişirim rejimi uygulamaları yapılabilmektedir. Seramik sağlık gereçlerinde camsı faz viskozitesinin sinterleme sıcaklıkları üzerine etkisinin araştırıldığı bir çalışmada, Silika/Alumina oranının ve toprak alkalilerin belli bir oranda olmasının sinterleme kinetiğini arttırmada ve sıcaklıkların düşmesinde etkili olduğu görülmüştür (25).

Feldispat gibi, sinterleme esnasında sıvı faz oluşturma potansiyeli yüksek hammaddeler kullanıldığında, uygun sıcaklık rejimi ile porozite eliminasyonu mümkün olmaktadır (26). Bünye hazırlık aşamasında, kullanılan volkanik tüfün, feldispatik hammaddelerin nihai ürünün porozitesine etki ettiği bilindiğinden bünyelerde kullanılan feldispatın tane boyutu düşürülmüştür. Kullanılan ergiticilerin, bünyede kuvarsin ergime davranışına, müllitin kısmen ergiyik içine karışmasına ve daha az viskoz sıvı faz eldesine olumlu etkisi olduğu bilinmektedir (27).

Viskoz sinterleme davranışından alkali ve toprak alkali oksitlerin kombinasyonu ile oluşan silikat bileşenleri sorumludur. Alkali dengesi üzerine yapılan bu çalışmalarda çoğunlukla  $\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O}$  oranı üzerinde durulmuştur. Yoğunlaşma hızı, farklı alkali miktarlarına ve oranlarına göre değişkenlik göstermektedir. Oluşan camsı fazın kompozisyonu ve viskozitesi çeşitli feldispatlar ile ayarlanmaktadır. Dolayısıyla potasyum ve sodyum feldispat dengesinin kurulması önem taşımaktadır (25). Bu nedenle, bünye geliştirme aşamasında kullanılan hammaddelerden, volkanik tüf ile birlikte feldispat kullanımı da belirli bir oranda sağlanmıştır.

Geliştirilen bünyelere ait Seger formülasyonları Çizelge 2'de verilmiştir. Referans olarak alınan standart yer karosu bünyesi



R olarak kodlanmıştır. Geliştirilen bünyelerden dört tanesi (V1, V2, V3, V4) kıyaslanarak sonuçlara göre kinetik yorumlamaları yapılmıştır.

**Çizelge 2.** Geliştirilen bünyelere ait *Sege*r formülasyonları (% oksit).

Bünye Kodu	SiO <sub>2</sub> /Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Na <sub>2</sub> O/K <sub>2</sub> O	CaO/MgO	ΣRO*/ΣR <sub>2</sub> O
R	6,00	1,2	0,48	0,35
V1	6,20	0,4	0,54	1,1
V2	6,68	0,5	0,62	1,0
V3	6,82	0,6	1,20	1,3
V4	6,97	0,8	1,44	1,3

[\*RO: Toplam toprak alkali oksit miktarı]

Sinterleme kinetiği modelleme aşamasında faydalanmak üzere numunelerin porozite değerleri belirlenerek, yoğunluk test edilmiştir. Bunun için fiziksel test metotları ile ölçüm yapılmıştır. Hammadde ve nihai bünye analizleri için X-ışınları difraksiyon, X-ışınları floresans, termo-gravimetrik analizler, ısıl mikroskop ve mekanik dilatometre, nihai ürün fiziksel özellikleri karakterizasyonu yapılmıştır.

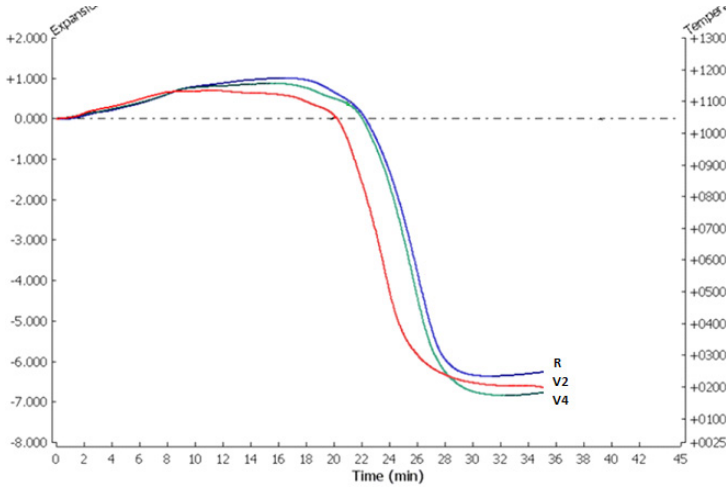
### 3.3. Sonuçlar ve Yorumlar

Deneme bünyelere ait fiziksel özellikler, Çizelge 3’de verilmiştir. Buna göre, pişme küçülme değerlerinin, volkanik tüflü bünyelerde, bir miktar arttığı gözlenmiştir. Porozite miktarındaki düşme ile birlikte, bünyeler daha yüksek mukavemete sahip olmuşlardır. Su emme değerlerinde, referans bünyeye göre bir miktar artış olsa da; sonuçlar standartları karşılayacak nitelikte elde edilmiştir.

**Çizelge 3.** Karo numunelerinin fiziksel özellikleri.

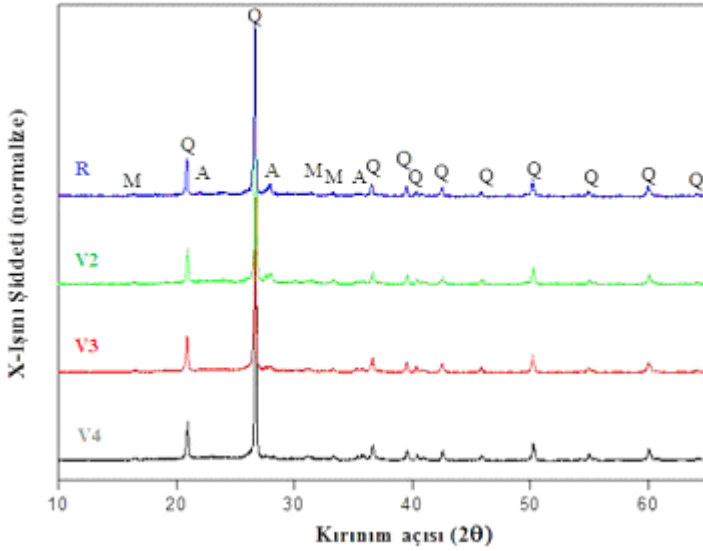
Bünye Kodu	% Pişme Küçülmesi	%Su Emme
R	0,84	0,060
V1	1,02	0,068
V2	1,04	0,064
V3	1,08	0,064
V4	1,12	0,062

Dilatometre eğrilerine bakıldığında, sinterleme sıcaklık aralığına bağlı olarak küçülme değerleri değişmiştir. 1000°C'nin altında meydana gelen reaksiyonlar neticesi, küçülme oranının az olması, sinterleme mekanizmasının yüzey difüzyonu olması ile açıklanabilir. Bu sıcaklıktan sonraki küçülme değeri artışı, sıvı faz oluşumu ile açıklanabilir. Bu sıcaklıkta müllit oluşumu da gerçekleşmektedir (Şekil 1).



**Şekil 1.** Seçilen bünyelere ait (R, V2 ve V4) kıyaslamalı dilatometre eğrileri.

Yer karolarında yapılan çalışmalar, 1100°C üzerinde, önemli ölçüde sıvı faz oluştuğunu ve sıvı faz sinterleme ile yoğunlaşmanın gerçekleştiğini ifade etmektedir. Buna göre viskoz akış, açık porları kapatarak baskın sinterleme mekanizmasını oluşturmaktadır (28). Çalışmalarda geliştirilen bünyelerde bulunan alkali oksit içeriğinin artması ve volkanik tüften gelen demir içeriği ile birlikte, sıvı faz oluşumunun artması ile sinterleme sıcaklıklarının düştüğü düşünülmektedir.



**Şekil 2.** Referans ve geliştirilen bünyelere ait kıyaslamalı XRD paternleri.

(R,V2,V3, V4 kodlu bünyeler; A: Anortit–Plajiolklas, Q: Kuvars, M: Müllit)

**Çizelge 4.** Geliştirilen bünyelerin 10, 20 ve 30°C/dak. ısıtma hızlarındaki küçülme değerleri (%).

Bünye Kodu	Küçülme (I)	Küçülme (II)	Küçülme (III)
R	0,84	0,78	0.76
V1	1,02	1,01	1,01
V2	1,04	1,02	1,01
V3	1,08	1,04	1,04
V4	1,12	1,10	1,08

Geliştirilen bünyelerde oluşan fazlar, ısıtma hızına bakılmaksızın 1180-1210°C aralığında pişirilen numuneler için anortit-plajiyoklas, yarı eriyik birincil müllit fazı ile birlikte kalıntı kuvars fazlarıdır (Şekil 2). Farklı sıcaklıklar için optik dilatometre sonuçları doğrultusunda ölçülen küçülme (%) oranlarına bakıldığında, küçülmenin bazı bünyelerde ısıtma hızından bağımsız olarak aynı değeri koruduğu görülmüştür. Bu durum, belli bir viskozite değerine ulaşmış yarı densifiye (yoğun) kompozisyonun, kalıntı kuvars ve birincil müllit fazları ile birlikte sistemde tepe sıcaklık değerine ulaşana kadar yoğunlaşmaya devam etmesi, porozitelerin hız/sıcaklık oranında bağımsız olara kapanmaya devam etmesi olarak yorumlanabilir. (Çizelge 4).

#### 4. GENEL SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Çalışmanın amacı doğrultusunda, şehrimizin zengin hammadde kaynaklarından yararlanma olasılığı belirlenmiştir. Yurt dışından ithal edilmek zorunda kalınan feldispatik hammadde-lerin yerine kullanılabilecek yerel ve alternatif hammaddelerin analizleri yapılarak ve yeni reçete formülasyonları geliştirilerek kompozisyonun sinterleme davranışı kinetik olarak değerlendirilmek suretiyle belirlenmiştir. Seramik karo üretiminin ağırlıklı olduğu şehirlere yakın olması dolayısı ile hammadde tedarik

aşamasında yaşanan mali ve taşıma (nakliyat) ile ilgili zorlukların giderilmesi ile düşük maliyetli endüstriyel üretim sürecine katkı sağlanmıştır. Yeni reçete formülasyonları geliştirilmesi ile alternatif hammadde kullanımı, enerji kazanımı elde edilmiştir. Böylelikle, seramik kaplama malzemeleri üretim sürecinde maliyet ve enerji tüketimindeki düşüş, tüketiciye doğrudan olumlu olarak yansiyacak; ülkemizin enerji kaynaklarını doğru ve verimli kullanımı amacına ulaşılmıştır. Yerel hammadde kullanımının ülke ekonomisine doğrudan katkısı bulunmaktadır. Yapılan çalışmaların sürdürülebilirliği sağlandığında, tüflerin seramik sektörü dışındaki alanlarda kullanılabilirlik durumları da değerlendirilebilir.

## TEŐEKKÖR

Bu çalıőmanın bir bۆlümü, proje yűrűtűcűsű Dr.Öğr.Ŭyesi Özgűr Cengiz tarafından Malezya’da gerçekleőtirilen, “5th International Conference on Solid State Science and Technology (ICSSST 2015)”, isimli konferans kapsamında sۆzlű olarak sunulmuőtur. Ayrıca yazarlar, bu çalıőmayı 15.HIZ.DES.95 no’lu proje kapsamında destekleyen Afyon Kocatepe Ŭniversitesi Bilimsel Araőtırma Projeleri Koordinasyon Birimi’ne teőkķűr etmektedir.

## KAYNAKLAR

1. Yıldız A., M. Bağcı N. İ. Dumlupınar, C. Başaran. Afyonkarahisar ilinin seramik sektörü hammadde potansiyeli. Afyon Kocatepe Ün. Fen Bilimleri Dergisi.2014; 14:553-564.
2. Cengiz Ö. The use of Afyonkarahisar region clays in Traditional Ceramics, 8.Uluslararası Eskişehir Pişmiş Toprak Sempozyumu Bildiriler Kitabı, Eskişehir 2014; 91-110.
3. Evcin A., Kavas.T. Use of Afyon region (Turkey) volcanic tuffs in wall tile production”, Industrial Ceramics, 2005; 25(1):17-19.
4. Ercan T. Orta Anadolu’daki senozoyik volkanizması”, MTA Genel Müdürlüğü Jeoloji Etütleri Dairesi, Ankara 2005; 119-140.
5. Kibici Y., Dinç D., Uçar A. Afyonkarahisar yöresi volkanik kayaların mineralojik ve petrografik özellikleri. Dumlupınar Ün. Fen Bil. Ens. Dergisi. 2012; 29:53-70.
6. Ronner F. Sandıklı ovası çöküntüsü- genç tektonik ve volkanik durumlar. MTA Enstitüsü Dergisi. 1962; 59: 69-88.
7. Özpınar Y., Semiz B. Sandıklı (Afyon) zeolitik tüflerinin mineralojik, petrografik ve jeokimyasal özellikleri ve sanayide kullanılabilirliği, Batı Anadolu, Türkiye. Çukurova Üniversitesi 30. Yıl Jeoloji Sempozyumu Bildiriler Kitabı, Adana 2007; 58-59.
8. Y. Özpınar, Semiz B., Schroeder P.A. Zeolites in mafic pyroclastic rocks from the Sandıklı-Afyonkarahisar region, Turkey. Clays and Clay Minerals, 2013; 61 (3):177-192.
9. Demir İ., Başpınar M.S, Görhan G., E. Kahraman E. Seyitömer uçucu külü ve Afyonkarahisar yöresi volkanik tüflerinin puzolanik özelliklerinin belirlenmesi. Yapı Teknolojileri Elektronik Dergisi. 2008; 1: 39-46.

10. Kavas T., Demir İ., Effect of Afyon region volcanic tuffs on floor tile masse body properties. Key Engineering Materials. 2004; 264-268: 1605-1608.
11. Bekar M., Şapcı N., Gündüz L. Aksaray Bölgesi volkanik tüf serilerinin sıva malzemesi olarak kullanımı”, IV. Ulusal Kırmataş Sempozyumu, 2-4 Aralık, İstanbul 2006.
12. Yeşilkaya L., Ersoy M., Sarıçam F. Suni mermer üretiminde traverten artığı ve volkanik tüf katkısının etkileri, Yayınlanmamış bildiri, 2015.
13. Bayırlı M., Pekin A. Volkanik tüf yüzeyi gözeneklerinin özelliklerinin birikinti geometrisi kullanarak incelenmesi”, Balıkesir Üniv. Fen Bil. Enstitüsü Dergisi, Cilt 15, No. 2, 2013, s. 66-72.
14. Sınıksaran M. Volkanik tüf tozları ile polimer esaslı kompozit malzeme üretimi, Basılmamış Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya 2012, s. 12-21.
15. Çelik M.Y., Tan G. Döğer (İhsaniye-Afyon) tüflerinin doğal yapı taşı olarak teknolojik özellikleri ve Mevlevi (Türbe) Camii restorasyonu. Politeknik Dergisi. 2016; 19(4): 399-408.
16. Aybers M.T., Sinterleme ve birinci safha sinterleme kinetiği. 1.Ulusal Nükleer Yakıt Teknolojisi Sempozyumu Bildirileri, Cilt 1, İstanbul 1995, s. 153-159.
17. Berrenshtein P.I., Finkel V.A., Il'ina V.P. Sintering kinetics of ceramic tiles for rapid firing. Science and the Ceramics Industry, 1980; 12:11-12.
18. Rajeswari K., Padhi S., Reddy A.R.S., Johnson R., Das D. Studies on sintering kinetics and correlation with the sinterability of 8Y zirconia ceramics based on the dilatometric shrinkage curves. Ceramics International. 2013; 39:4985-4990.



19. Nikolic M.V., Labus N., Ristic M.M. A phenomenological analysis of sintering kinetics from the viewpoint of activated volume. *Science of Sintering*, 2005; 37: 19-25.
20. Orts M.J., Amoros J.L., Escardino A., Gozalbo A., Feliu C. Kinetic model for the isothermal sintering of low porosity floor tile. *Applied Clay Science*. 1993; 8 (2-3):231-245.
21. Karamanova E., Andreola F., Lancelloti I., Barbieri L., Karamanov A., "Recycling of cRT waste glass in porcelain stoneware production", 7th International Scientific Conference Konferans Bildiri Kitapçığı, June 11-15, Bulgaristan 2007.
22. Ristic M.M., Milosevic S.Dj. "Frenkel' Theory of Sintering. *Science of Sintering*. 2006; 38:7-11.
23. German R.M. Rheological model for viscous flow densification during supersolidus liquid phase sintering. *Science of Sintering*.2006;38: 27-40.
24. Kumar T.K.S., Viswanathan N.N., Ahmed H.M., C. Andersson C., Björkman B. Estimation of sintering kinetics of oxidized magnetite pellet using optical dilatometer", *Metallurgical and Materials Transactions B*, 2015; 46: 635-643.
25. H. Sarı, S. Kurama, "Seramik sağlık gereçleri bünyelerinde camsı faz kompozisyonunun pişirim sıcaklıklarına etkisi", *Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Dergisi*, Cilt 28, 2013; 3: 445-454.
26. Alves H.J., Melchiades F.G., Boschi A.O. Effect of feldspar particle size on the porous microstructure and stain resistance of polished porcelain tiles", *Journal of the European Ceramic Society*, 32, 2012, s. 2015-2102.
27. Matteucci F., Dondi M., Guarini G. Effect of soda-lime glass on sintering and technological properties of porcelain stoneware tiles. *Ceramics Int*.2002; 28: 873-880.

28. Souza A.J, Pinheiro J, Holanda N.F. Sintering behavior of vitrified ceramic tile incorporated with petroleum waste. *Sintering Applications*, Ed: B. Ertuğ, 2013, Chapter 4, pp. 73-88.

● Bölüm-4●

**KÜRESEL ISINMA VE İKLİM  
POLİTİKALARI ÇERÇEVESİNDE  
GELİŞTİRİLEN SERAMİK KARO  
KOMPOZİSYONLAR**

*Dr. Öğr. Üyesi Özgür CENGİZ<sup>1,2</sup>*

*Dr. Öğr. Üyesi Pınar UYAN<sup>3,4</sup>*

---

1 Sorumlu Yazar

2 Afyon Kocatepe Ün. Güzel Sanatlar Fakültesi, Seramik Bölümü, 03200,  
Afyonkarahisar, Türkiye

3 Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Meslek Yüksek Okulu, Metalurji Programı, 11210,  
Bilecik, Türkiye

4 Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Biyoteknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezi 11210,  
Bilecik, Türkiye



## 1. GİRİŞ

Sera gazlarının neden olduğu küresel ısınma ve iklim değişikliği ile ilgili çalışmalar 20. yüzyılın sonlarında yoğunlaşmış ve soruna küresel çözüm bulmak üzere, Birleşmiş Milletler tarafından hazırlanan “İklim değişikliği Çerçeve Sözleşmesi” ve “Kyoto Protokolü” dünyada yürürlüğe girmiştir (1). Avrupa Birliği’nde (AB) seramik sektörünü yakından ilgilendiren teknik, ticari ve çevre mevzuatlarının 2012 yılı sonrası uygulamaları hakkındaki çalışmalar hızla devam etmektedir. İklim değişikliği adıyla andığımız “Emissions Trading Scheme”, ETS Direktifi’nin 2012 yılı sonrasında uygulanacağı yeni metni üzerinde AB’deki seramik üreticisi şirketler ve sivil toplum örgütlerinin katıldığı fikir alışverişleri ve tartışmalar sonuçlanmış; Avrupa Parlamentosu, 17 Aralık 2008’de ETS Direktifi’nin yeni şekliyle revizyonunu kabul etmiştir. Burada seramik üreticileri için önemli olan bu direktifin seramik sektörüne nasıl etki *edeceğidir* (2). Bu kapsamda ilgili maddelerden biri; seramik tesislerinde, seramik sanayiine mahsus 75ton/gün eşliğidir.

Uluslararası küresel rekabet piyasasında enerji maliyeti başlıca rekabet faktörlerindedir. Türkiye ekonomisi de küresel pazarlama alanında daha rekabetçi duruma gelmektedir (3). Enerji verimliliği, yaşam kalitemizden ve üretimimizden ödün vermeden, enerjiyi tasarruflu kullanmaktır. Sanayiideki verimlilik arttırıcı projelere ve enerji yoğunluğunu azaltmayı taahhüt eden gönüllü anlaşmalara EİE tarafından mali destek sağlanmaktadır. Enerjiyi yoğun kullanan ağır sanayi sektörlerinde önlem belirleme çalışmaları yoğunlaştırılmış; çimento, demir-çelik, seramik ve tekstil sektörlerindeki periyodik taramalar sürdürülmektedir (4). Bu doğrultuda, seramik sektörünün enerji verimliliği protokolüne göre yeni stratejiler geliştirmesi gerektiği açıktır.

Seramik sektörü bugün Türkiye genelinde sanayide tüketilen doğal gazın %17’sini, LPG’nin %20’sini tüketmektedir. Elektrik

tüketiminde ise seramik kaplama malzemeleri (karolar) için toplam tüketim 550 milyon kwh/yıl; seramik sağlık gereçleri için ise toplam tüketim 110 milyon kwh/yıldır. Seramik sektörünün, kaplama malzemeleri ve vitrifiye sağlık gereçlerinden oluştuğunu kabul edersek Türkiye genelinde sanayide tüketilen elektriğin %2'si bu sektörde tüketilmektedir. Seramik sektörü yılda 203 milyon dolar, enerji tüketimi için ödeme yapmaktadır. Yakıt tüketiminin %55'i pişirim fırınlarında gerçekleştiği tespit edilmiştir. Kurutma işlemleri için (püskürtmeli ve diğer kurutma sistemleri için) toplam yakıt tüketiminin %40'ı gerekmektedir (5). Ülkemizde seramik sektöründe genel olarak %15-20 mertebelerinde enerji tasarrufu potansiyeli mevcuttur (6).

Literatür çalışmaları, farklı alanlarda kullanım olanakları araştırılan killer, feldispatlar ve üretim süreç atık ve/veya artıkları üzerine gerçekleştirilmiştir. Alternatif katkı olarak kül ilavesinin etkileri incelenmiştir ve seramik karo üretiminde kullanılabilirlikleri araştırılmıştır (7). Yüksek karbon uçucu küllerinin seramik karolarda kullanımının incelendiği bir çalışmada ise çoğunlukla çimento-beton üretimi katkı malzemesi olarak kullanılan küller %20 oranında karoya ilave edilerek maliyet düşüşü sağlanmış ve üretici firma kar profiline avantaj getirmesi sağlanmıştır. Bir diğer çalışmada cam-seramik karo üretiminde organik malzeme, metal safsızlıklar ve cam oluşturucu malzemeler içeren küller kullanılmış ve cam ergimesine katkı sağlayan küller ile metalik safsızlıklar içeren karolar geliştirilmiştir (8-9). Son yıllarda ülkemizde gerçekleştirilen bir çalışmada ise yüksek fırın curufunun bünyeye kademeli olarak katkısı ile seramik duvar karoları araştırılmıştır (10).

Yapılan bir çalışmada magnezyum esaslı hammaddelerin seramik duvar karolarının üretim süreci ve porozite dağılımına etkisi incelenmiştir. Çalışmada farklı bünye kompozisyonları denenmiştir ve Eskişehir ve Afyonkarahisar çevresi yerel killerin

alternatif hammadde olarak kullanım potansiyeli ortaya konmuştur (11-12). İllitik özellikte yerel hammaddelerin seramik karo üretiminde kullanımının denendiği çalışmalar yapılmıştır (12-13). Bu çalışmalar doğrultusunda feldispatik içeriğin artırılması ile sinterleme davranışında olumlu değişimler gözlenmiş, çoğunlukla endüstriyel uygulamalarda kullanılan kil ve feldispatik hammaddelerin alternatif kullanım potansiyeli olan ve yöresel rezervleri değerlendirilebilir nitelikte olacak şekilde değişikliklere gidilmiştir.

Ülkemizin bor kaynakları bakımından zengin oluşu ve zenginleştirme ve proses atıklarının değerlendirilmesine imkan sağlayacak çalışmaların yapılmış olması avantaj teşkil etmektedir. Bir çalışmada seramiklerde bor atıkları; bir diğer çalışmada ise duvar karo üretiminde bor kullanımı araştırılmıştır. Terra-cotta bünyelerde bor atıkları kullanılarak faz ve mikroyapıya etkileri incelenmiştir. Boraks atıklarının seramik karoya ilavesi de denenmiştir. Ancak bor atıklarının süreç tüm parametreleri ile enerji-maliyet kazanımı doğrultusunda ayrıntılı olarak ele alındığı bir çalışma bulunmamaktadır (12-14).

Değişen güncel ihtiyaçlar ve tercihler nedeniyle kaplama malzemelerinin çevre-dostu ürünler olarak kullanım alanı bulması gereksinimi doğmuştur. Bu doğrultuda rekabette öncelikli olan İtalya ve İspanya gibi ülkelerde çeşitli ihtiyaçlara hitap eden karolar üretilmeye başlanmıştır. Bunlardan aktif bakteri koruması sağlayan, nefes alan yüzeyler ile kir tutmayan karolar sektörteki en yenilikçi yaklaşımlardan biridir. Bu karolar, 150cmx300cm boyutlarında; yenilenen ihtiyaçlar doğrultusunda kirlenme karşıtı (*anti-pollution*) yüzeylere sahip, 100 m<sup>2</sup> alanda aktiviteye sahip ve çevreyi temizleyen; bakteri karşıtı (*anti-bacterial*) yüzeyler ile %99,99 bakteri itici özellikte; kendi kendini temizleyebilen hidrofobik yüzeyler ile aşındırıcı yüzey temizleme kullanımını ve bunların çevreye verdiği zararları azaltacak

şekilde; fotokatalitik etki ile iç ve dış toksik kirlilik ile kirlilik kaynaklı kötü kokuların azaltılmasını sağlayacak özelliktedirler. Bu yüzeylerin özellikle banyo ürünleri dışında seramik karolar da kapsamlı olarak elde edildiğine dair bir çalışma ülkemizde bulunmamaktadır (14-15).

Günümüz estetik eğilimlerin değişmesi ile birlikte doğal taş görünümlü kaplama malzemeleri önem kazanmış, bu etkiyi yaratılmak amacıyla dijital-baskı teknikleri gündeme gelmiştir. Ülkemizde de kullanılmakta olan bu teknik için bünye ve sır kompozisyonları ile pigment geliştirme çalışmaları başlamıştır. Günümüz talepleri büyük ebatlı ve ince bina statik yükünü azaltacak şekilde göreceli hafif kaplama malzemeleri yönündedir (14-20). Büyük ebat karoların üretim süreçlerinin geliştirilerek enerji verimli ve günümüz teknolojik gereksinimlere uyumlu olacak şekilde ve literatürde yer alan kapsamlı bir çalışma bulunmamaktadır. Ancak, karoda enerji verimliliğini sağlamak amacıyla yapılan bir çalışmada hafifletilmiş karolar kullanılarak olumlu sonuç ulaşılabilmektedir. Günümüz teknolojilerine ve gereksinimlerine (dijital karo, büyük ebatlı ve ince karo, kendi kendini temizleyebilen yüzeye sahip karo, çevre-dostu, fotokatalitik özellikte vd.) uygun kompozisyona sahip karolar, ülkemizde seramik karo endüstrisinde denenmekte ancak maliyet, enerji tüketimi ve çevresel katkı bakımından analizine yönelik kapsamlı ve literatürde kaynak teşkil edecek içerikte herhangi bir çalışma bulunmamaktadır. Bu çalışma ile literatürdeki bu eksiklik tamamlanması hedeflenmiştir.

Bu çalışma ile süreç parametreleri göz önünde bulundurularak enerji, çevre (emiyon) ve maliyet odaklı seramik karo kompozisyonları geliştirme çalışmaları sonuçlandırılmış ve geliştirilen bünyelerin endüstriyel ölçekte kullanılabilirliği ortaya konmuştur. Alternatif hammaddelerin kullanımı ile ilgili çeşitli çalışmalar yapılmış olsa dahi, bu çalışma kapsamında kullanı-



lan çeşitli yerel ve alternatif hammaddelerin kullanım potansiyeli hakkında ayrıntılı ve kapsamlı herhangi bir çalışma yapılmamıştır. Maliyet analizi de yapılarak kullanım olasılığı belirlenen alternatif katkıların karo ve ilgili diğer sektörlerde etkin olarak değerlendirilebilirliğinin saptanması gerekmektedir. Bu çalışma, bu ihtiyacı karşılamıştır. Ayrıca, küresel politikalar ve dünyada gelişen ihtiyaçları karşılayacak nitelikte geliştirilen teknolojiler doğrultusunda, ülkemizde, emisyon oranları ve enerji tüketim değerleri düşürülerek aynı zamanda da düşük maliyetli üretime olanak verecek kapsamda bir çalışma bulunmamaktadır. Bu çalışma, bu bakımdan ilktir.

Seramik karo üretiminde kullanılmakta olan bünye kompozisyonları, alternatif ve yerel hammaddelerin (alternatif hammaddeleri alternatif küller, bor ve atık türevleri gibi) kullanımı ile enerji kazanımlı, düşük maliyetli ve karbondioksit salınımı düşük karo kompozisyonları geliştirmek amaçlanmaktadır. Üretim süreci parametreleri ve amaçlanan kazanımlar eşzamanlı değerlendirilmiştir. Çalışmanın ilk basamağında geliştirilen bünye formülasyonları, laboratuvar koşullarında denenecek; endüstriye uygunluk parametreleri incelenmiştir. Bu amaçla yapılacak çalışmaların endüstriye uygunluğu ve sürdürülebilirliği sağlandığında, seramik karo üretiminde günümüz teknolojilerine uyumlu, enerji kazanımlı çevre dostu ürün üretimi sağlanmış olacaktır. Geliştirilen bünyeler ile maliyet kazanımı da göz önünde bulundurulduğunda, üretimde ülkemiz kaynaklarının etkili kullanılarak katma-değer yaratılması ve rekabette avantajlı duruma gelmesi hedeflenmiştir.

Bu çalışma kapsamında gerçekleştirilen çalışmalar; alternatif hammaddelerin belirlenmesi ve bünye formülasyon çalışmaları, süreç parametrelerinin kontrolü ve emisyon, enerji tüketimi ve maliyet analizleri; ara ürünlerin sinterleme davranışları analizi, nihai ürünlerin teknolojik özelliklerinin analizi ve mikro-yapı-

sal karakterizasyonu, sonuçların yorumlanması aşamalarından oluşmaktadır. Bu kapsam doğrultusunda yapılacak çalışmalarda alternatif hammaddelerin başta seramik sektöründe olmak üzere kullanım potansiyeli maliyet analizi ile beraber değerlendirilmiştir. Ayrıca, emisyon salınımı bakımından daha avantajlı hammadde girdisi sağlanmıştır. Alternatif ve yerel hammadde ve alternatif olarak atık malzemeler ve küllerin kullanımı ile maliyet düşüşü ile birlikte üretim sürecinde hedeflenen enerji tüketiminin azaltılması sağlandığında, rekabet gücü yüksek bir ürün üretilmiş olacaktır. Ülkemizin seramik karo (porselen, yer, duvar karoları) üretimindeki yeri; değişen ve gelişen teknolojik gereksinimler ile uyumluluk, küresel çevre ve enerji politikalarına uygun üretim sürecine olnaka sağlayacak nitelikte çıktılar elde edilmiştir. Bu kapsamda yapılacak çalışmalar, enerji tüketiminin azaltılması ve maliyetin düşürülmesi yönünde gerçekleştirilecek diğer seramik ürünlerin (sağlık gereçleri, basit yapı malzemeleri gibi) kompozisyonlarında ve üretim süreçleri değerlendirilmeleri için de katkı sağlamaktadır. Proje sonunda, küresel politikalar ve değişen günümüz ihtiyaçlarına (dijital baskılı; doğal görünümlü karolar, çevreci karo, karolarda nefes alan yüzeyler, su iten/çeken yüzeyler, kendi kendini temizleyebilen yüzeyler vd.) uyum sağlamak üzere; seramik karo üretimi süreci, kompozisyon deneme çalışmalarından nihai ürün karakterizasyonuna kadar geliştirilerek ülkemiz karo üretim endüstrisine katkısı değerlendirilmektedir.

## 2. MALZEMELER VE YÖNTEM

### 2.1. Seramik Bünye Kompozisyonlarının Belirlenmesi

Çalışmanın ilk aşamasında, fizibilite çalışması yapılmıştır. Uygun özellikte hammadde araştırmaları ve alternatif ek katkı malzemeleri belirlenmiştir. Alternatif hammaddeler ile istenilen özelliklere sahip bünye elde etme çalışmaları gerçekleştirilecektir. Alternatif atıklar (bor proses atıkları, alternatif küller vb.) çeşitli kimyasal analizlere tabi tutularak kompozisyonda kullanılabilirlikleri tespit edilmiştir. Bu analizler, hammaddeler için; mineralojik ve kimyasal içerik analizi (XRD, XRF vd. ile), *plastisite* (şekillendirilebilirlik), tane boyutu (TBD ölçüm cihazı ile), pişirim sonucu elde edilecek renk tespiti ( $L,a,b$  analizi), pişmiş mukavemet (3-nokta eğme testi) ve pişme küçülmesi (küçülme tayin formülasyonu ile) analizleri yapılmıştır. Bünyede kullanımına uygun alternatif küller (baca külü, pirinç ve fındık kabuğu külü vb.) için de yine şekillendirme ve renk üzerine etkisi ile mukavemet ve küçülmeye etkileri tayin edilmiştir. Ardından, bünyeye ilave edilecek malzemeler belirlenmiştir.

Çalışma hedefi doğrultusunda, emisyon değerlerinin düşürülerek çevre dostu karo üretimi, ilk aşamada laboratuvar ölçekte denenerek, endüstriye uyarlanabilirliği değerlendirilmiştir. Çalışma kapsamında endüstriyel ölçekli denemeler için uygun özelliklere sahip bünyelerin geliştirilmiştir. Bünyede kullanılan tüm diğer hammaddeler için standart hammadde karakterizasyon testleri (mineralojik ve kimyasal içerik analizi (XRD, XRF vd. ile), *plastisite* (şekillendirilebilirlik), tane boyutu (TBD ölçüm cihazı ile), pişirim sonucu elde edilecek renk tespiti ( $L,a,b$  analizi), pişmiş mukavemet (3-nokta eğme testi)ve pişme küçülmesi (küçülme tayin formülasyonu ile) analizleri) gerçekleştirilmiştir. Bünye formülasyon çalışmaları Seger metodu ile belirlenecektir. Elde edilen ve sinterlenen bünyelerin karakterizasyonu yapılmıştır. Karo üretiminde hammadde muamelesinden nihai ürün standart testlerine

kadarki süreçte hammadde analizleri ve bünye geliştirme çalışmaları, üretim reolojisine uygunluk, istenilen ara-ürün özelliklerinin temini kontrol altında ilerlemiştir. Endüstriyel ölçekli üretim düşünülerek tüm aşamalarda çevresel etkiler (karbondioksit salınımı gibi) değerlendirilecek ve enerji tüketim hesaplamaları ile birlikte maliyet analizleri gerçekleştirilmiştir. Karbon dioksit salınımının en çok gözlemlendiği püskürtmeli kurutucu ile bünye kompozisyonu geliştirme aşamalarında, kompozisyonda bulunan ve karbon salınımına neden olan karbonat içerikli hammaddelerin göreceli azaltılması ve/veya yerine alternatif hammadde ilavesi ile tamamen düşürülmesi sağlanmıştır. Bünye geliştirme aşamasında kullanılan *Sege*r metodu ile belirlenecek kompozisyonda ilave hammadde oranları ve yerine kullanılacak alternatif hammaddeler; öncelikli olarak ülkemizin zengin kaynakları ve yöresel, karo üretim ve ilgili sektörlerin ağırlıklı olarak bulunduğu bölgelere yakın kaynaklardan temin edilmiştir. Daha önceden çalışılmamış farklı atık veya alternatif malzeme (atık malzemeler; bor ve türevi atıklar, yapı malzemesi üretim prosesi atıkları veya alternatif küller vb.) katkılarının bünye sinterleme ve nihai özelliklerine etkileri belirlenerek, sonuçlar değerlendirilmiştir. Ayrıca, farklı malzemelerin daha önceden çalışılmadıkları için üretim reolojisine etkileri (akışkanlık, plastisite vd.) analiz edilmiştir. Geliştirilen tüm bünyelerin nihai olarak renk özellikleri de, üzerine uygulanacak sırn ve yüzey özelliklerinin gereksinimlerine göre (dijital-baskılı karo; hidrofobik/hidrofilik karo; fotovoltaiik karo vb.) test edilecektir. Bunun için manuel renk ölçüm cihazı kullanılacaktır. Bu şekilde, nihai ürünün görsel gereksinimleri karşılayacak beyazlıkta ve istenilen uygulama alanları yaratabilecek şekilde yüzey pürüzlülüğüne sahip olması sağlanmıştır. Pürüzlülük, bir başka çalışmanın kapsamında ayrıntılı olarak incelenebilir. Bünye kompozisyon tasarımı ve geliştirilmesini takip eden aşamalardan sinterleme aşamasında temassız optik dilatometre ve mekanik dilatometre ile analiz edile-

rek; elde edilen nihai ürünlere kimyasal analizler x-ışınları difraksiyon, x-ışınları floresans; mikro-analiz ve karakterizasyon için taramalı elektron mikroskobu (SEM-EDX) kullanılacak; nihai ürün fiziksel özellikleri karakterizasyonu için porozite, nem, yoğunluk, su emme, mukavemet, küçülme ve renk testleri yapılmıştır. Geliştirilen bünyelerin proses aşamaları da ayrıca tüm basamakları ile değerlendirilecektir. Son olarak kompozisyon tasarım-nihai ürün karakterizasyon süreci tümüyle ele alınarak yorumlanmıştır.

Çalışmanın amacı doğrultusunda yapılan denemeler sonucunda, üretimin hammaddeden nihai karoya kadar her aşaması, kazanıma yönelik geliştirilecek; endüstriyel üretim koşullarında uygulanabilirliği sağlanmıştır. Böylelikle, günümüz teknolojilerinde kullanıma uygun ve maliyet, enerji ve çevre kazanımlı üretim potansiyeli olan bir ürün ortaya konulmuştur. Bu yönü ile ülke ekonomisine yakın gelecekte doğrudan katkı sağlamaktadır. Ülkemizde bulunan ve maliyet kazanımı sağlayan alternatif hammaddeler ile geliştirilen bünyeler, özgün çalışmalar olarak pazar avantajı sağlamaktadır. Üretim sürecinin karbondioksit salınımı ve çevresel etkileri değerlendirilerek, süreç yönetimi sağlanmaktadır. Bu yönü ile de küresel çevre politikaları ve *karbon ayakizi* protokollerine uygun üretime geçişte seramik karo sektöründeki öncül çalışmalardan biri olmuştur.

Seramik porselen karo bünyeleri genel olarak %30-45 kil ve kaolen, %10-15 oranında kuvarstan oluşmaktadır. Feldispatik hammaddeler genellikle %35-40 arasında bünyeye ilave edilirler. Bu çalışmada standart seramik karo bünye reçetelerinde kiler (Ege Bölgesi ve İstanbul), Kaolen (Ege Bölgesi), Kuvarsit (İstanbul) karışımından oluşmaktadır. Çalışmalar kapsamında hazırlanan reçetelerde bu hammaddelere ilave olarak İç Anadolu ve Ege bölgesinde tespit edilen ve fakat rezervleri işletmeye açılmamış olan çeşitli yerel killeri, feldispatik malzemeler (Ege Bölgesi) ile borat atıkları ve türevleri kullanılmıştır.

Deneysel çalışmalarda bünye reçetelerinde kullanılan hammaddelerin fiziksel analizleri çizelgede görülmektedir. Kullanılan hammaddelerin pişirim testleri sonuçları 1180°C’de 35 ile 40 dak.; 1220°C’de 35 dak süre pişirilmesi sonucu elde edilmiştir. Bünye reçetelerini oluşturan hammaddelerin kimyasal analizleri X-ışınları floresans (XRF) cihazı ile yapılmış, standart seramik karo reçetesine göre bünyelerin oksit yüzde oranları oluşturulmuştur.

Bünye reçetelerini oluşturan hammaddelerin kimyasal analizleri çizelgede verilmektedir (Çizelge 1). Çalışma kapsamında kullanılan Seger formülasyonu, oksit yüzdeleri ve etkilerinden hareketle düzenlenmiştir. Reçete geliştirme aşamasında, porselen ve yer karolarını içeren hammaddelerin üçlü faz diyagramındaki konumları dikkate alınarak hesaplamalar yapılmıştır. Burada amaçlanan her iki bünye reçetesine uyumlu ve alternatif hammaddeler ile maliyeti düşük bir bünye oluşturmak ve her iki pişirim rejiminde, arzu edilen nihai sonuçları sağlayan ve standartlar ile örtüşen karo kompozisyonları tasarlamaktır (TS EN 14411). Bünye kompozisyonları oksit yüzdeleri Çizelge 2’de verilmektedir.

**Çizelge 1.** Bünyelerin oksit kompozisyonları (% ağı.).

Ağ. %	STD	C1	C2	C3
SiO <sub>2</sub>	59.10	58.65	59.22	59.84
TiO <sub>2</sub>	0.78	0.75	0.75	0.75
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	18.36	17.07	16.93	16.82
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.06	1.97	1.98	1.99
CaO	2.11	2.30	2.91	1.52
MgO	0.55	1.55	2.57	3.56
K <sub>2</sub> O	1.62	1.64	1.64	1.65
Na <sub>2</sub> O	4.18	5.21	5.22	5.23
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	-	0.31	0.63	0.82
LoI	10.96	11.61	11.51	11.38

**Çizelge 2.** Hammaddelerin kimyasal analizleri (% ağı.).

Ağı.%	Alternatif Feld.	Alternatif Kil	Feldispat 1	Feldispat 2	Kaolen	Kuvars
SiO <sub>2</sub>	69.26	59.17	69.90	66,80	68.24	97.46
TiO <sub>2</sub>	-	1.14	0.10	0.01	0.41	-
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	16.24	23.70	18.85	18.30	2073	1.31
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.24	3.46	0.14	0.10	1.85	0.08
CaO	0.78	0.18	0.03	-	0.09	0.04
MgO	0.04	0.68	0.07	0.1	0.03	0.03
K <sub>2</sub> O	2.13	01.7	10.20	3.7	-	0.45
Na <sub>2</sub> O	4.06	2.60	0.25	8.12	0.10	0.33
LoI	2.72	42.13	0.45	0.02	8.21	0.23

## 2.2. Nihai Ürünlerin Değerlendirilmesi

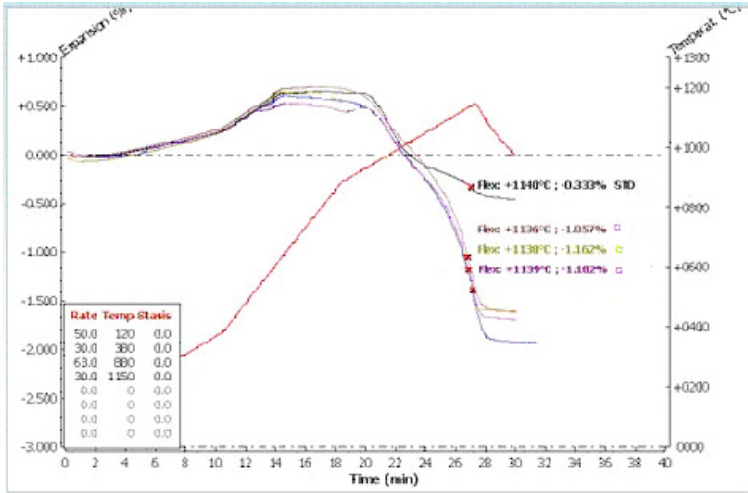
Çalışmada kullanılan bünyelerden 5'er tane numune hazırlanarak, standart sapmaları ile birlikte değerlendirilmek üzere testlere tabi tutulmuştur. Bünyeler, % pişme küçülmesi, renk analizi, mukavemet testleri sonrası % su emme testleri için yine 5 adet numune değerlendirilmiştir. Ayrıca bünyeler, ham halde iken testleri yapılmak üzere muhafaza edilmiştir. Bu numuneler daha sonra optik dilatometre testleri için kullanılmış, pişmiş numunelere en son faz analizi yapılmıştır.

Bünye geliştirme aşamalarında kullanılan hammaddeler, nihai ürünün fiziksel özelliklerine etkileri ile değerlendirilmiştir. SiO<sub>2</sub> içeriği yüksek kil içeren bünyeler yeterli yoğunluk ve mukavemet değerleri ile birlikte daha az çekme gösterirler. Bu nedenle alternatif kil kompozisyonlarına dikkat edilmiştir. Ayrıca, fazla alümina içeren kaolenitik killerden oluşan bünyeler ise daha yüksek yoğunluk ve mukavemet değerleri ile birlikte daha yüksek çekme gösterir. Çizelge 3'de verilen 1180-1220°C' iki farklı sıcaklıkta pişen bünyelerin % Su emme ve % Pişme Küçülmesi değerleri seramik karo üretim şartlarına uygun elde edilmiştir.

Bu çalışmada referans olarak alınan baz reçete; % 55-65 kil, % 20-24 kaolen, % 7-14 arası feldispat, kuvarsit (% 6-8) oluşmaktadır. Referans bünyeye STD kodu verilmiştir. Referans bünyeye ait kimyasal kompozisyon ve çeşitli fiziksel analiz sonuçları sırasıyla çizelgede yer almaktadır.

**Çizelge 3.** Karo numunelerinin fiziksel özellikleri

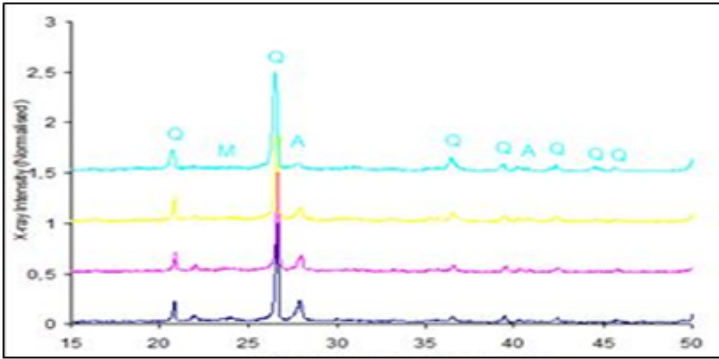
Bünye Kodu	% Pişme Küçülmesi	%Su Emme	Mukavemet (N/mm <sup>2</sup> )
STD	0.84	0.06	29.60
C1	1.01	0.09	27.63
C2	1.01	0.08	27.57
C3	0.98	0.07	28.40



**Şekil 1.** Geliştirilen bünyelere ait kıyaslamalı optik dilatometre eğrileri.



Referans ve geliştirilen bünyelerin ODHT-kıyaslamalı optik dilatometre eğrilerine göre (Şekil 1) 1180°C tepe sıcaklığına kadar belirli bir hızla yükselen sıcaklık rejimi uygulanmıştır. Bu sıcaklıkta numuneler bekletilmeyerek sıcaklık düşürülmüştür. Bu rejime göre, sinterleşmenin en hızlı gerçekleşme aralığı tepe sıcaklığına ulaşmadan önceki aralıktadır. Ergitici özellikli oksitlerin de etkisi ile deneme bünye numunelerinin sinterlenmeleri hızlı gerçekleşmiştir. Referans olarak alınan karoya göre, tepe sıcaklığından önce yoğunlaşma kabiliyetinde olan deneme bünyeler daha erken ve daha düşük sıcaklıklara çekilebilecek bir rejim için uygundur. Böylelikle endüstriye uygulamalarda daha ekonomik bünyeler ile çalışılmasına olanak vermişlerdir. Bünyelerin faz değişimleri incelendiğinde ise feldispatik hammadde içerikli deneme bünyelerin plagioklas/albit fazı oluşturduğu, birincil müllit fazının bünyede teşekkül ettiği gözlenmiştir (Şekil 2).



Şekil 2. STD ve Deneme bünyelere ait kıyaslamalı XRD paternleri (STD,C2,C3,C6 kodlu bünyeler; A: Anortit-Plagioklas, Q: Kuvars, M: Müllit).

### 3. GENEL SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Enerji tüketimi, emisyon ve küresel çevre politikaları konuları doğrultusunda, seramik karo üretim endüstrisinde güncellenmek zorunda olan yeni teknolojiler irdelenmiştir. Geliştirilen yeni teknolojiler değerlendirilerek düşük enerji tüketimine ve düşük maliyete sahip reçeteler geliştirilmiştir. Ayrıca, küresel çevre politikaları göz önünde bulundurularak süreç parametreleri de belirlenmiştir. Bu kapsamda, çalışmalar laboratuvar ölçekli yürütülmüş ve ilk etapta alternatif hammadde katkılı bünyeler geliştirilerek enerji tüketiminde düşüş sağlanmıştır. Bünye kompozisyonları Seger metoduna göre geliştirilmiştir ve sinterleme davranışları temassız optik dilatometre (ODHT) ile ve mekanik dilatometre ile, faz gelişimi ve mikroyapı analizleri X-ışını difraksiyon (XRD) ve taramalı elektron mikroskobu (SEM-EDX) ile değerlendirilmiştir. Su emme, küçülme, mukavemet gibi teknolojik özellikler de tespit edilmiştir. Geliştirilen seramik karo kompozisyonlar ile pişirim sıcaklık ve süreleri düşürülerek %25 enerji kazanımı sağlanmıştır. Ayrıca, bünye maliyeti de %20 oranında düşürülmüştür. Farklı hammaddeler ile geliştirilen bünyelerin emisyon salınım oranını azalttığı (%12,5) ve dolayısı ile çevre dostu üretim için uygun oldukları görülmüştür. Günümüz teknolojileri doğrultusunda istenen özelliklere sahip karo üretimi için bünye geliştirmeden nihai ürünün karakterizasyonuna kadarki tüm proses basamakları değerlendirilerek gerekli gelişimler gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar doğrultusunda, geliştirilen kompozisyonların değişen küresel politikalara uygun özellikte ve günümüz gelişen teknolojisine uyum sağlayacak nitelikte olduğu belirlenmiştir. Geliştirilen bünyeler ile maliyet kazanımı sağlanarak seramik karo üretiminde üst sıralarda olan ülkemizin rekabette daha avantajlı duruma gelmesi sağlanmıştır.

## TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın bir bۆlümü, proje yürütücüsü Dr.Öğr. Üyesi Özgür Cengiz tarafından davetli konuşmacı olarak, Çin Halk Cumhuriyeti'nin Chongqing şehrinde gerçekleştirilen '*World Congress of Advanced Materials2016 (WCAM2016)*' isimli kongrede sunulmuştur. Yazarlar, alıőmayı 16.KARİYER.12 no'lu proje kapsamında destekleyen Afyon Kocatepe Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi'ne teşekkür etmektedir.

## KAYNAKLAR

1. Tüzüner S., İklim değişikliği ve Enerji, EM Enerji, 3, 2007.
2. Saatçioğlu G., Avrupa Birliği Ülkelerinde Seramik Sana-yiinin Geleceği- 2012 Yılı sonrası Çevre Mevzuatı, Sera-mik Türkiye, 28, 2009.
3. Enerji Verimliliği Strateji Belgesi, 2010; Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü.
4. Pekin H.B., 2002; Sanayide Enerji Verimliliği Forumu-Seramik Sektörü Raporu, Ankara.
5. Zimmer A. Fly ash of mineral coal as ceramic tiles raw material. Waste Manag. 2007; 27(1):59-68
6. Mishulovich A. 2003; Ceramic Tiles from High-carbon fly ash, 2003 International Ash Utilization Symposium, Center for Applied Energy Research, University of Ken-tucky.
7. Hnat J.G, Manufacture of ceramic tiles from fly ash. US Appl. 1997; 629:558.
8. Öztürk Z.B., Gültekin E.E. Preparation of ceramic wall tiling derived from blast furnace slag. Ceramics Int. 2015; 41(9) 12020-26.
9. Cengiz Ö., 2012; Effect of magnezite incorporation in wall tile compositions on physical properties and microst-structure, unpublished manuscript.
10. Cengiz, Ö., 2014; Mid-Anatolian clays used in the ma-nufacturing of ceramic wall and floor tiles, unpublished manuscript.
11. Chiristogerou A., Kavas T., Use of Boron wastes in the production of heavy clay ceramics., Ceramics Int. 2009; 35 (1): 447-452.
12. Çelik H. Recycling of Boron Waste to Develop Ceramic Wall Tile in Turkey. Transactions of the Indian Cer.Soc.

- 2015; 74 (2).
13. Kurama S., Kara A., The effect of boron waste in phase and microstructural development of a terracotta body during firing, *Journal of the European Ceramic Society* 2006; 26: 755–760.
  14. Kurama S., Kara A., Investigation of borax waste behaviour in tile production, *Journal of the European Ceramic Society* 2007; 27(2):1715-1720.
  15. Digitalife, Active Ceramic-Antibacterial & Anti Pollution Tiles for Eco Surfaces, 2009.
  16. URL: <http://www.active-ceramic.com>.
  17. Cengiz Ö., Kara A. Tek pişirim duvar karolarında borik asit ilavesinin sinterleme davranışına etkileri”, *Afyon Kocatepe University Journal of Science and Engineering*, 2009; 35-39.
  18. Herdem Attorneys At Law 2013 “Turkey Energy Report”, pp.36, February 2014.
  19. Defez B., Deris-Fajarnes G., Martinez-Diaz, R., Mengual, L.M., Brusola, S., Research in interactive design: Mechanics, *Design Engineering and advanced Manufacturing; Contribution 3: “Serial manufacturing of lightened ceramic floorings and indirect calculation of energy saving”*, Springer, 2016, pp.637.
  20. URL:[http://topraksuenerji.org/INDUSTRIAL\\_ENERGY\\_EFFICIENC Y.pdf](http://topraksuenerji.org/INDUSTRIAL_ENERGY_EFFICIENC Y.pdf), 2012.



● Bölüm-5●

GENETİĞİ DEĞİŞTİRİLMİŞ  
ORGANİZMA İÇEREN ÜRÜN  
TÜKETİM TERCİHLERİ ve ALGILARI<sup>1</sup>

*Tuğçe ÇEKÜÇ*

*Emine Merve AKSU*

*Güliden BAŞYİĞİT KILIÇ<sup>2</sup>*

*Damla BİLECEN ŞEN*

---

1 Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, İstiklal Yerleşkesi, 15030, Burdur-Türkiye

2 Sorumlu Yazar: gkilig@mehmetakif.edu.tr







## ÖZET

Bu çalışmanın amacı, tüketicilerin genetiği değiştirilmiş organizma (GDO) içeren ürünlere karşı tüketim tercihlerinin ve bilgi düzeylerinin belirlenmesidir. Anket verileri, 2020 yılı Mart ayında Türkiye'nin çeşitli üniversitelerinde Gıda Mühendisliği bölümü son sınıfta öğrenim gören 300 öğrencinin katılımıyla elde edilmiştir. Anket verilerine göre, öğrencilerin %78.7'sinin GDO'lu ürünleri güvenilir bulmadıkları, %81.7'sinin GDO'lu ürünlerin etiketlenmesi gerektiğini; %79.7'sinin ise GDO'lu ürünlerin insan fizyolojisine zararlı olduğunu düşündükleri tespit edilmiştir. Ayrıca ankete katılan öğrencilerin %61'inin, GDO'lu ürünlerin var olan alerjik reaksiyonları artırdığını düşündükleri belirlenmiştir.

Sonuç olarak, ankete katılan öğrencilerin büyük bir çoğunluğunun, GDO ile ilgili yetersiz bilgiye ve olumsuz bir bakış açısına sahip oldukları tespit edilmiştir. Tüketicilerin bilgi eksikliği ve negatif düşünceye sahip olmaları sonucunda, GDO'lu ürün tüketimi ve üretiminden endişe duydukları gözlemlenmiştir. Bu bağlamda genç nüfusun önemli bir kısmını oluşturan üniversite öğrencilerine, GDO hakkında gerekli ve yeterli düzeyde eğitim ve/veya seminerler verilerek bilgi eksiklikleri ve endişelerinin giderilmesi önemlidir.

**Anahtar Kelimeler:** GDO, Tüketim tercihleri ve algıları, Anket



## GİRİŞ

Hızla artan dünya nüfusu ile birlikte bol, ucuz, kaliteli ve sağlıklı gıdalara ulaşmak her geçen gün zorlaşmaktadır. Özellikle tarıma elverişli alanların giderek daralması ve gıda israfı gibi çeşitli nedenlerden dolayı açlık sorununun önemli bir boyuta ulaşacağı düşünülmektedir (Kulaç vd., 2006). Bu durum neticesinde, gıda ile ilgili üretim ve dağıtım şekilleri konusunda farklı yaklaşımlar getirilmeye başlanmıştır (Tahmaz ve Durlu Özkaya, 2017). Söz konusu yaklaşımlardan biri olan biyoteknolojik yöntemler, canlıların sahip olduğu gen dizilimleri oynanarak, mevcut özelliklerinin değiştirilmesi veya canlılara yeni özellikler kazandırılması işlemi olarak tanımlanmaktadır. Bu yöntemle elde edilen organizmalara ise “genetiği değiştirilmiş organizmalar” (GDO) adı verilmektedir (Manzanares Palenzuela vd., 2015; Semiz ve Yılmaz, 2019).

Biyoteknolojik yöntemlerin en çok uygulandığı alanlardan biri gıda sanayidir. Özellikle GDO’ların gıda sanayinde kullanılması ile birlikte daha ekonomik ve verimli ürün üretimi sağlanmış ve kalite yükseltilmiştir. GDO’nun uzun yıllardan beri, enzim ve fermentasyon teknolojisi gibi alanlarda kullanıldığı görülmektedir. Son yıllarda ise özellikle gıdalardaki tat, aroma ve renk maddelerinin korunması ve besin değeri ve sindirilebilirliğinin artırılması için kullanıldığı göze çarpmaktadır (Özgen Arun vd., 2015).

Dünyada artık pek çok GDO’lu ürün bulunmaktadır. Bunlar; hastalıklara dayanıklılık geni eklenmiş patates, buğday, mısır, sebze ve meyve türleri; böceklere karşı direnç kazandırılmış tatlı patates, mısır, domates, şeker kamışı, soya fasulyesi, kolza, patates, nohut, yer fıstığı, patlıcan, brokoli, lahana ve kavun çeşitleridir (Bostan, 2001; Açıkgoz, 2003). Bunların dışında, muz, ahududu, çilek, kiraz, ananas, biber, kavun, karpuz ve kanola gibi ürünler üzerinde de çalışmaların devam ettiği bilinmektedir (Kaynar vd., 2010).

Genç nüfusun önemli bir kısmını oluşturan üniversite öğrencilerinin GDO'lu ürünler konusundaki bilgi düzeyleri ve görüşlerinin belirlenmesi, gelecekteki sağlıklı yaşam ve beslenmeleri açısından oldukça önemlidir. Bu nedenle araştırmamızda farklı üniversitelerde öğrenim gören Gıda Mühendisliği Bölümü öğrencilerinin, GDO'lu ürün tüketim tercihleri ve algıları belirlenmeye çalışılmıştır.

### **MATERYAL METOT**

Bu araştırmada; Akdeniz Üniversitesi, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Aksaray Üniversitesi, Atatürk Üniversitesi, Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Balıkesir Üniversitesi, Bitlis Eren Üniversitesi, Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Çukurova Üniversitesi, Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, Pamukkale Üniversitesi, Sakarya Üniversitesi, Tokat Gazi Osmanpaşa Üniversitesi olmak üzere 14 farklı üniversitede eğitim gören Gıda Mühendisliği Bölümü son sınıf öğrencilerine yapılan anket çalışmasından elde edilen veriler değerlendirilmiştir. Hazırlanan bu 20 soruluk anket (Tablo 1), tesadüfi olarak seçilen 300 öğrenciye uygulanmıştır. Anket formlarında, öğrencilerin GDO'lu ürün tüketim tercihleri ve algılarını saptamak amacıyla geliştirilen sorular, 3 seçenekli (evet, hayır, fikrim yok) önem ölçeğinde hazırlanmıştır. Anket cevaplarının analizi için ise SPSS 25 paket programı kullanılmış ve elde edilen verilerin istatistiksel olarak değerlendirilmesinde % dağılım testinden yararlanılmıştır.

**Tablo 1.** GDO’lu ürün tüketim tercihleri ve algılarını belirlemek için hazırlanmış anket soruları

<b>Sorular</b>
1. Bir gıda ürünü satın alırken GDO’lu olup olmadığına bakıyor musunuz?
2. Bir gıda ürünün GDO’lu olup olmadığı hakkında yeterli kadar denetim yapıldığını düşünüyor musunuz?
3. GDO’lu bir ürünün güvenilir olduğunu düşünüyor musunuz?
4. GDO’lu ürün tüketmek sizi tedirgin ediyor mu?
5. GDO’lu ürünlerin genel kanı olarak insan fizyolojisine zararlı olduğunu düşünüyor musunuz?
6. GDO’lu ürünlerin var olan alerjik reaksiyonları artırdığını düşünüyor musunuz?
7. Toplumda artan obezite sorunlarının nedeninin GDO’lu ürünler olduğunu düşünüyor musunuz?
8. Genetiği değiştirilmiş mikroorganizmaların gıdalarda kullanımının önemli olduğunu düşünüyor musunuz?
9. GDO’lu yemle beslenmiş hayvanlardan elde edilen et, süt, yoğurt, yumurta gibi ürünler GDO’lu olarak etiketlenmeli midir?
10. GDO yanlısı bilim insanlarının araştırmalarına güveniyor musunuz?
11. Bir tüketici olarak Türkiye’de genetiği değiştirilmiş tohumların üretiminde kullanılmasının, çevre koşulları ve insan sağlığı açısından zararlı olduğunu düşünüyor musunuz?
12. Yaşadığınız toplumun veya çevrenizin GDO’lu gıdalar hakkında gerektiği kadar bilgilendirildiklerini düşünüyor musunuz?
13. Dünyadaki açlığın giderilmesi için gıdaların genetiklerinin değiştirilmesini uygun buluyor musunuz?
14. Gıdaların besin içeriklerini artırmak, böcekler ve herbisitlere dayanıklı ürün elde etmek için genetiklerinin değiştirilmesini doğru buluyor musunuz?
15. Bir gıda ürününün GDO’lu bir ürün olup olmadığını etiketinde belirtmeye gerek var mıdır?
16. GDO’lu ürünlerin çocuk beslenmesinde zararlı olduğunu düşünüyor musunuz?

<b>17.</b> Bebek mamalarının GDO'lu ürünler içermesini uygun buluyor musunuz?
<b>18.</b> Şeker ve kanser vb. hastalıkların artmasında GDO'lu ürünlerin önemli bir rolü olduğunu düşünüyor musunuz?
<b>19.</b> Genetiği değiştirilmiş tohumlar sayesinde birim alandan daha fazla verim elde edilebileceğini düşünüyor musunuz?
<b>20.</b> Market ve pazarlarda genetiği değiştirilmiş gıda ya da bitkilerin satışına izin verildiğini düşünüyor musunuz?

## ARAŞTIRMA BULGULARI

Araştırmaya katılan 300 öğrencinin anket sorularına vermiş oldukları yanıtlar ve % dağılımlar Tablo 2'de verilmiştir.

**Tablo 2.** Öğrencilerin anket sorularına verdikleri yanıtlar ve % dağılımları

Anket soruları	n	%	Anket soruları	n	%
<b>1</b> Evet	122	40.7	<b>11</b> Evet	217	72.3
Hayır	168	56.0	Hayır	68	22.7
Fikrim yok	10	3.3	Fikrim yok	15	5.0
<b>2</b> Evet	24	8.0	<b>12</b> Evet	49	16.3
Hayır	246	82.0	Hayır	244	81.3
Fikrim yok	30	10.0	Fikrim yok	7	2.3
<b>3</b> Evet	33	11.0	<b>13</b> Evet	83	27.7
Hayır	236	78.7	Hayır	177	59.0
Fikrim yok	31	10.3	Fikrim yok	40	13.3
<b>4</b> Evet	225	75.0	<b>14</b> Evet	104	34.7
Hayır	59	19.7	Hayır	166	55.3
Fikrim yok	16	5.3	Fikrim yok	30	10.0
<b>5</b> Evet	239	79.7	<b>15</b> Evet	245	81.7
Hayır	33	11.0	Hayır	44	14.7
Fikrim yok	28	9.3	Fikrim yok	11	3.7
<b>6</b> Evet	183	61.0	<b>16</b> Evet	240	80.0
Hayır	45	15.0	Hayır	39	13.0
Fikrim yok	72	24.0	Fikrim yok	21	7.0

<b>7</b>	Evet	194	64.7	<b>17</b>	Evet	54	18.0
	Hayır	65	21.7		Hayır	232	77.3
	Fikrim yok	41	13.7		Fikrim yok	14	4.7
<b>8</b>	Evet	149	49.7	<b>18</b>	Evet	217	72.3
	Hayır	107	35.7		Hayır	45	15.0
	Fikrim yok	44	14.7		Fikrim yok	38	12.7
<b>9</b>	Evet	246	82.0	<b>19</b>	Evet	134	44.7
	Hayır	31	10.3		Hayır	107	35.7
	Fikrim yok	23	7.7		Fikrim yok	59	19.7
<b>10</b>	Evet	80	26.7	<b>20</b>	Evet	203	67.7
	Hayır	135	45.0		Hayır	58	19.3
	Fikrim yok	85	28.3		Fikrim yok	39	13.0

Mevcut ankete katılan öğrencilerin %56'sı bir gıda ürünü satın alırken GDO'lu olup olmadığına dikkat etmediklerini; %82'si ise GDO üzerine yeteri kadar denetim yapılmadığını düşündüklerini belirtmiştir (Tablo 2). Ayrıca ankete katılan öğrencilerin %78.7'si GDO'lu bir ürünün güvenilir olmadığını; %75'i ise GDO'lu bir ürün tüketmenin kendilerini tedirgin ettiğini belirtmiştir. Ayrıca katılımcıların %79.7'si GDO'lu ürünlerin insan fizyolojisine zararlı olduğunu düşündüklerini bildirmiştir. Adnan Menderes Üniversitesi'nde yapılmış bir anket çalışmasında, katılımcıların %74.3'ü tarafından GDO'lu ürünlerin insan sağlığı için zararlı olduğu; %74.9'u tarafından GDO'nun potansiyel karsinojen olduğu; %66.3'ü tarafından ise sınırlı GDO'lu ürün tüketiminin insan sağlığını koruyabileceği bildirilmiştir (Adana vd., 2014).

GDO'lu ürünlerin insan sağlığı ve çevre üzerindeki olası olumsuz etkileri yıllardır tartışılmaktadır. Mevcut ankete katılan öğrencilerin %61'i, GDO'lu ürünlerin var olan alerjik reaksiyonları artırdığını düşündüklerini ifade etmiştir. Benzer şekilde yapılmış bir anket çalışmasında, katılımcıların %79.17'si tara-



findan, GDO'lu ürün tüketiminin insan sağlığına zararlı olduğu düşüncesinin benimsendiği ortaya konmuştur (Topaloğlu, 2019). Ayrıca mevcut ankete katılan katılımcıların %64.7'sinin toplumda artan obezite sorularının nedeninin GDO'lu ürünlerden kaynaklandığını düşündüğü tespit edilmiştir.

Ülkemizde GDO'lu hayvan ve bitki yetiştirilmesi yasaktır ancak ithalatı serbesttir. Mevcut ankete katılan öğrencilerin %82'si, GDO'lu yemle beslenmiş hayvanlardan elde edilen et, süt, yoğurt ve yumurta gibi ürünlerin GDO'lu olarak etiketlenmesi gerektiğini belirtmiştir. Tokat ilinde yapılmış bir anket çalışmasında, benzer şekilde katılımcıların %97.8'i tarafından, içerisinde GDO bulunan ürünlerin etiketlerinde GDO ibaresinin yazılması gerekliliği bildirilmiştir (Çallı vd., 2016).

Mevcut ankete katılan öğrencilerin, %45'i GDO yanlısı bilim insanların araştırmalarına güvenmediği; %26.7'si ise güvendiğini ifade etmiştir. Ayrıca katılımcıların %72.3'ünün, Türkiye'de genetiği değiştirilmiş tohumların, üretimde kullanılmasının çevresel koşullara ve insan sağlığına zarar verdiğini düşündükleri tespit edilmiştir. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi tarafından yapılmış bir anket çalışmasında; katılımcıların %3.94'ü tarafından, genetiği değiştirilmiş organizmaların herhangi bir zararı olmadığı ifade edilmiştir (Demir ve Pala, 2007). Başkent Üniversitesi öğrencilerine yapılan bir anket çalışmasında ise katılımcıların %78.5'i tarafından, GDO'ların ekolojik dengeyi bozduğu belirtilmiştir (Yılmaz vd. 2015).

Mevcut anket çalışmasına katılan öğrencilerin %81.3'ü, GDO'lu gıdalar hakkında yeteri kadar bilgilendirilmediğini düşünmektedir. Buna ilaveten katılımcıların %59'u tarafından, dünyadaki açlığın giderilmesi için gıdaların genetiklerinin değiştirilmesini uygun bulmadıkları tespit edilmiştir. Benzer şekilde katılımcıların %55.3'ünün gıdaların besin içeriklerini artırmak, böcekler ve herbisitlere dayanıklı ürün elde etmek için genetik-

lerinin değiştirilmesini doğru bulmadıkları ifade edilmiştir. GDO ile ilgili yapılan çalışmaların, besin içeriklerinin artırılması ve dünyadaki açlık sorununun giderilmesi gibi problemlere çözüm getirmeyeceğinin düşünülmesi dikkat çekmektedir.

Mevcut ankete katılan öğrencilerin %81.7'si, gıdaların etiketinde GDO'lu bir ürünün belirtilmesi gerektiğini bildirmiştir. Benzer şekilde Tıp Fakültesi ğrencilerine yapılan bir anket çalışmasında, katılımcıların %84.9'u tarafından genetiği değiştirilmiş gıdaların etiketinde belirtilmesi gerektiği ifade edilmiştir (Koçak vd., 2010). Mevcut anket çalışması sonucu ile katılımcıların güvenilir ürün tükettiklerini düşünmeleri için etiketlemenin önemli bir unsur olduğu söylenebilmektedir.

GDO'lu ürün tüketicinin risklerini tam olarak tahmin etmek mümkün değildir. Ortaya çıkabilecek olan bu risklerin bilinememesi, GDO'lu gıdalara dair duyulan endişeleri artırmaktadır. Mevcut anket çalışmasına katılan öğrencilerin %80'i, GDO'lu ürünlerin ocuk beslenmesinde zararlı olduğunu belirtmiştir. Ayrıca, %77.3' bebek mamalarının genetiği değiştirilmiş gıda ürünlerini içermesini uygun bulmadığını ifade etmiştir. Buna ila- veten ankete katılan katılımcıların %72.3', şeker, kanser vb. hastalıkların artmasında GDO'lu ürünlerin önemli bir rolü olduğunu belirtmiştir. anakkale Onsekiz Mart niversitesi'nde yapılmış bir anket çalışmasında, katılımcıların %63.5'i tarafından, kanser ve şeker hastalıklarının bu kadar yaygınlaşmasında GDO'ların doğrudan bir katkısı olduğu vurgulanmıştır (Tiryaki ve Vatan, 2016).

Mevcut ankete katılan öğrencilerin %44.7'si, genetiği değiştirilmiş tohumlar sayesinde birim alandan daha fazla verim elde edilebileceğini; %66.7'si ise market ve pazarlarda genetiği değiştirilmiş gıda ya da bitkilerin satışına izin verildiğini düşündükleri tespit edilmiştir. Gümüşhane niversitesi'nde öğrenim gören öğrencilere yapılan bir anket çalışmasında, öğrencilerin

%70.6'sı tarafından GDO'lu ürünlere marketlerde de rastlandığı ifade edilmiştir (Merdan, 2019).

## **SONUÇ**

Bu anket çalışması sonucunda, tüketicilerin GDO ile ilgili bilgilerinin yeterli seviyede olmadığı ve GDO'lu ürünlere karşı bakış açılarının negatif olduğu tespit edilmiştir. Mevcut bilgi eksikliğinin yaratmış olduğu tutum karmaşası sonucunda, tüketicilerin GDO'lu gıda üretilmesinden ve tüketilmesinden korku duydukları görülmektedir. Bu nedenle GDO'lu gıdaların hem üretiminden hem de tüketiminden bu kadar çekinilmesinin nedenleri iyi araştırılmalı ve devletin ilgili kurumları tarafından tüketicilere GDO hakkında yeterli bilgi verilerek, tüketici endişeleri giderilmelidir. Ayrıca daha fazla anket çalışması yapılarak da tüketicilerin GDO ile ilgili bilgi eksiklikleri belirlenmeli ve yapılacak olan eğitim veya seminerler ile bu bilgi eksikliklerinin giderilmesi hedeflenmelidir.

## KAYNAKLAR

1. Açıkgöz, N., 2003. Tarımsal Biyoteknolojiye Sosyo-Ekonomik Yaklaşımlar. Tarım ve Mühendislik, 66(7), 62-68.
2. Adana, F., Gezer, N., Öğüt, S., 2014. Sağlık Yüksekokulu Öğrencilerinin Genetiği Değiştirilmiş Organizmalara İlişkin Bilgi ve Görüşleri. Acıbadem Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi, 5(4), 276-280.
3. Bostan, H., 2001. Bitki Virüs Hastalıklarına Karşı Gen Aktarımı Yoluyla Dayanıklı Bitki Elde Edilmesinde Stratejiler. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 32(3), 343-350.
4. Çallı, A., Yavuz, H., Yalınız, F., Erdal, H., 2016. Tüketicilerin Genetiği Değiştirilmiş Organizmalara Yönelik Bilgi Durumları ve Tutumları. XII. Ulusal Tarım Ekonomisi Kongresi.
5. Demir, A., Akın, P.A., 2007. Genetiği Değiştirilmiş Organizmalara Toplumun Bakış Açısı. Hayvansal Üretim, 48(1).
6. Kaynar, P., 2010. Genetik Olarak Değiştirilmiş Organizmalar (GDO)'a Genel Bir Bakış. Türk Hijyen ve Deneysel Biyoloji Dergisi, 177.
7. Koçak, N., Türker, T., Kılıç, S., Hasde, M., 2010. Tıp Fakültesi Öğrencilerinin Genetiği Değiştirilmiş Organizmalar Hakkındaki Bilgi, Tutum ve Davranışlarının Belirlenmesi. Gülhane Tıp Dergisi, 52(3), 198-204.
8. Kulaç, İ., Ağirdil, Y., Yakın, M., 2006. Sofralarımızdaki Tatlı Dert, Genetiği Değiştirilmiş Organizmalar ve Halk Sağlığına Etkileri. Türk Biyokimya Dergisi, 151-155.
9. Manzanares Palenzuela, C.L., Fernandez, B.M., Sanchez Paniagua Lopez, M., Lopez-Ruiz, B., 2015. Electrochemical Genosensors as Innovative Tools for Detection of Genetically Modified Organisms. TrAC Trends in Analy-

- tical Chemistry, 66, 19-31.
10. Merdan, K., 2019. Üniversite Öğrencilerinin Genetiği Değiştirilmiş (Transgenik) Ürünlere Yönelik Bilgi Düzeyleri ve Bakış Açılarının Belirlenmesi. *Ufuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 8-15.
  11. Özgen Arun, Ö., Muratoğlu, K., Eker, F.Y., 2015. Genetiği Değiştirilmiş Organizmalar Kavramına Genel Bakış. *İstanbul Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 41(1), 113-123.
  12. Semiz, M., Yılmaz, E., 2019. Üniversite Öğrencilerinin GDO'lu Ürünlere Yönelik Tutumları. *Nicel Bilimler Dergisi*, 1-2.
  13. Tahmaz, G.S., Özkaya Durlu, F., 2017. Tüketicinin GDO Algısı: Ankara İli Örneği. *Yönetim, Ekonomi ve Pazarlama Araştırmaları Dergisi*, 1(4), 31-40.
  14. Tiryaki, İ., Vatan, E., 2016. Ziraat Fakültesi Öğrencilerinin GDO'lara Bakış Açısı: Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Örneği. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 25(1), 243-248.
  15. Topaloğlu, M.Y., 2019. Okul Dışı Öğrenme Ortamının Öğrencilerinin GDO ile İlgili Görüşlerine Etkisinin İncelenmesi. *Anadolu Öğretmen Dergisi*, 3(2), 160-183.
  16. Yılmaz, B., Üner, A.K., Ercan, A., 2015. Üniversite Öğrencilerinin Biyoteknoloji ve Genetiği Değiştirilmiş Gıdalar ile İlgili Tutumları. *Akademik Gastroenteroloji Dergisi*, 14(2), 64-71.
  - 17.

