

# Savunma Bilimleri Dergisi

The Journal of Defense Sciences

Millî Savunma  
Üniversitesi  
Alparslan Savunma  
Bilimleri Enstitüsü



Yol Altındaki Killi Bir Zeminin Uçucu Kül ile İyileştirilmesinin  
Karayolu Üst Yapısına ve Maliyetine Etkileri

Tacetin GEÇKİL, M. Mahmut TANYILDIZI ve E. Serdar YILDIRAN

Does Terrorism Hinders Foreign Investments in Turkey?  
An Empirical Study with ARDL Bounds Test

Necmettin ÇELİK and Rıza BAYRAK

Hava Alıklı Elektro-Pnömatik Bir Sistemin Modellenmesi ve  
Simülasyonu

O. Fatih ERCİS ve Ömer KELEŞ

Elektrikli Araçların Patent Analizlerinin İncelenmesi ve  
Askerî Araçlar Üzerindeki Uygulamaları

Mehmet Hanifi KAYA

Kurum Temelli Görüş ve Stratejinin Üçayağı Perspektifi:  
Yazın Taraması

Hasan BOZTOPRAK

Tabanca Gövdeleri İçin Polimer Kompozit Malzeme Geliştirilmesi

Mahmutcan KARSLI, Yaşar SERT ve Tevfik KÜÇÜKÖMEROĞLU

Ortaokul Öğrencilerinin Bilgi Güvenliği Farkındalığı

M. Ali DERİN ve M. Tuncay GENÇOĞLU

Askerî Motifler: Delilerin Kıyafetleri

Saadet DAĞ

Ticari ve Askerî Elektronik Cihazlarda Kullanılan Yüzeye Montajlı  
Yeni Nesil Devre Elemanlarının Tamir Sürecindeki Etkili Faktörler

Necdet GEREN ve Murat ÇAKIRCA

Sayı 38  
Kasım / Nov 2020

ISSN: 1303-6831  
ISSN (Online): 2148-1776



# Savunma Bilimleri Dergisi

The Journal of Defense Sciences

Millî Savunma Üniversitesi  
Alparslan Savunma Bilimleri Enstitüsü

Sayı / Issue: 38  
Kasım / Nov 2020

## BASKI

Kara Harp Okulu Basımevi

## YAZIŞMA VE HABERLEŞME ADRESİ

Millî Savunma Üniversitesi

Alparslan Savunma Bilimleri Enstitüsü

Kara Harp Okulu Yerleşkesi 06654 Bakanlıklar/ANKARA/TÜRKİYE

Telefon / Phone: +90 312 417 51 90 / 4603

E-posta / E-mail: [alpdergi@kho.edu.tr](mailto:alpdergi@kho.edu.tr)

Web: [www.kho.edu.tr/akademik/enstitu/enstitü\\_Alp\\_SAVBEN\\_dergi\\_anasayfa.html](http://www.kho.edu.tr/akademik/enstitu/enstitü_Alp_SAVBEN_dergi_anasayfa.html)



**Alparslan Savunma Bilimleri Enstitüsü** **Owner on behalf of the Alparslan Defense**  
**Adına Sahibi ve Sorumlusu** **Sciences Institute**

Doç.Dr.Hüsnü ÖZLÜ

**Baş Editör / Editor-in-Chief**

Doç.Dr.Hüsnü ÖZLÜ

**Yazı İşleri Müdürü**

Başak ERÇETİN

**Teknik Editörler / Technical Editors**

Dr.H.Alper İRTEM

Başak ERÇETİN

Beste DESTİCİOĞLU

Merve ASİLOĞULLARI

İzzet KONCAGÜL

**Yayın Kurulu / Editorial Board**

Prof.Dr.Bilal KARABULUT  
(Hacı Bayram Veli Üniversitesi)

Prof.Dr.Fatih YEŞİL  
(Hacettepe Üniversitesi)

Doç.Dr.Aykut GÖKSEL  
(Hacı Bayram Veli Üniversitesi)

Doç.Dr.Efdal AS  
(Millî Savunma Üniversitesi)

Dr.Öğr.Üyesi Emrah BOZOK  
(Millî Savunma Üniversitesi)

Dr.Öğr.Üyesi Ayhan AYTAÇ  
(Millî Savunma Üniversitesi)

**Türkçe Düzeltmen/Turkish Proofreader / İngilizce Düzeltmen/English Proofreader**

Dr.Öğr.Üyesi Emrah BOZOK

Dr.Öğr.Üyesi Sinan GÜL

**TARANDIĞIMIZ VERİTABANLARI / DATABASES INDEXING OUR JOURNAL**

ULAKBİM TR DİZİN, EBSCO Publishing – Academic Complete Search, Index Copernicus, ASOS INDEX (Akademia Sosyal Bilimler İndeksi), ARASTIRMAX (Bilimsel Yayın İndeksi), SOBIAD (Fen Bilimleri).

Alparslan Savunma Bilimleri Enstitüsü yayını olan Savunma Bilimleri Dergisi, yılda iki kez Mayıs ve Kasım aylarında yayımlanan uluslararası hakemli bir dergidir. Makalelerdeki düşünce, görüş, varsayım, sav veya tezler makale sahiplerine aittir; Millî Savunma Üniversitesi ve Alparslan Savunma Bilimleri Enstitüsü sorumlu tutulamaz.

The Journal of Defense Sciences is an international peer-reviewed journal and published biannually in May and November. The opinions, thoughts, postulations or proposals within the articles are but reflections of the authors and do not, in any way, represent those of Turkish National Defense University or of the Alparslan Defense Sciences Institute.

## DANIŞMA KURULU / ADVISORY BOARD

- Prof.Dr.Erhan AYFONCU (Milli Savunma Üniversitesi)  
Prof.Dr.Serdar SALMAN (Milli Savunma Üniversitesi)  
Prof.Dr.Talat CANBOLAT (Milli Savunma Üniversitesi)  
Doç.Dr.Müh.Tuğg.Ersin GÖSE (Milli Savunma Üniversitesi)  
Prof.Dr.Ayşe KAYAPINAR (Milli Savunma Üniversitesi)  
Prof.Dr.Bilal KARABULUT (Hacı Bayram Veli Üniversitesi)  
Prof.Dr.Burhanettin İNEM (Gazi Üniversitesi)  
Prof.Dr.Cemalettin TAŐKIRAN (Hacı Bayram Veli Üniversitesi)  
Prof.Dr.Canan ATEŞ EKŐİ (Hacı Bayram Veli Üniversitesi)  
Prof.Dr.Cevriye GENCER (Gazi Üniversitesi)  
Prof.Dr.Enver AYDOĞAN (Hacı Bayram Veli Üniversitesi)  
Prof.Dr.Fatih YEŞİL (Hacettepe Üniversitesi)  
Prof.Dr.Gültekin YILDIZ (Milli Savunma Üniversitesi)  
Prof.Dr.Gölnur AYBET (Cumhurbaşkanlığı Başkanışmanı)  
Prof.Dr.Hulusi Cenk SÖZEN (Başkent Üniversitesi)  
Prof.Dr.Hüseyin USTA (Milli Savunma Üniversitesi)  
Prof.Dr.İbrahim Ethem ATNUR (Milli Savunma Üniversitesi)  
Prof.Dr.Murat ATAN (Hacı Bayram Veli Üniversitesi)  
Prof.Dr.Mustafa İLBAŐ (Gazi Üniversitesi)  
Prof.Dr.Necdet HAYTA (Gazi Üniversitesi)  
Prof.Dr.Nurettin ACIR (Milli Savunma Üniversitesi)  
Prof.Dr.Sertaç Hami BAŐEREN (Ankara Üniversitesi)  
Prof.Dr.Ulvi ŐEKER (Gazi Üniversitesi)  
Doç.Dr.Arif SARI (Milli Savunma Üniversitesi)  
Doç.Dr.Aykut GÖKSEL (Hacı Bayram Veli Üniversitesi)  
Doç.Dr.Haluk GÖZDE (Milli Savunma Üniversitesi)  
Doç.Dr.Memduh BEĐENİRBAŐ (Milli Savunma Üniversitesi)  
Doç.Dr.Yunus GÖKMEN (Milli Savunma Üniversitesi)  
Dr.Öğr.Üyesi Emrah BOZOK (Milli Savunma Üniversitesi)  
Dr.Öğr.Üyesi Kemal EROĐLUER (Milli Savunma Üniversitesi)  
Dr.Öğr.Üyesi Murat ŞAHİN (Milli Savunma Üniversitesi)  
Dr.Öğr.Üyesi Sadık Emre KARAKUŞ (Milli Savunma Üniversitesi)  
Dr.Öğr.Üyesi Serkan YENAL (Milli Savunma Üniversitesi)

**BU SAYININ HAKEMLERİ / REFEREES FOR THIS ISSUE**

Prof.Dr.Ahmet Burçin YERELİ (Hacettepe Üniversitesi)

Prof.Dr.Ahmet ÖZDEMİR (Gazi Üniversitesi)

Prof.Dr.Ali YAZICI (Atılım Üniversitesi)

Prof.Dr.Akif TABAK (İzmir Katip Çelebi Üniversitesi)

Prof.Dr.Ayşe KAYAPINAR (Milli Savunma Üniversitesi)

Prof.Dr.Burhanettin İNEM (Gazi Üniversitesi)

Prof.Dr.Hulusi Cenk SÖZEN (Başkent Üniversitesi)

Prof.Dr.İlker Bekir TOPÇU (Eskişehir Osmangazi Üniversitesi)

Prof.Dr.İlker Murat AR (Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi)

Prof.Dr.Mustafa ALKAN (Gazi Üniversitesi)

Prof.Dr.Kenan PEKER (Fırat Üniversitesi)

Prof.Dr.Oğuz TURGUT (Gazi Üniversitesi)

Doç.Dr.Arif SARI (Milli Savunma Üniversitesi)

Doç.Dr.Haluk GÖZDE (Milli Savunma Üniversitesi)

Doç.Dr.Mehmet CANBAZ (Eskişehir Osmangazi Üniversitesi)

Doç.Dr.Serhat ÇAKIR (Orta Doğu Teknik Üniversitesi)

Dr.Öğr.Üyesi Ayhan AYTAÇ (Milli Savunma Üniversitesi)

Dr.Öğr.Üyesi Elif ÇİÇEK (Hacettepe Üniversitesi)

Dr.Öğr.Üyesi Kadir AZTEKİN (Milli Savunma Üniversitesi)

Dr.Öğr.Üyesi Murat ATİK (Milli Savunma Üniversitesi)

Dr.Öğr.Üyesi Recep BENZER (Gazi Üniversitesi)

Dr.Öğr.Üyesi Serdar MENEKAY (Milli Savunma Üniversitesi)





## **Amaç ve Kapsam**

Millî Savunma Üniversitesi Alparslan Savunma Bilimleri Enstitüsü tarafından hazırlanan ve 2002 yılından itibaren yayımlanan Savunma Bilimleri Dergisi, Mayıs ve Kasım aylarında olmak üzere yılda iki kez yayımlanmaktadır. Savunma Bilimleri Dergisinin amacı, savunma bilimleri alanındaki bilimsel gelişmeleri takip etmek ve bu konuda bilimsel araştırma ve uygulamalara yer vererek alana katkı sağlamaktır. Ayrıca araştırmacılar ve uygulamacılar arasındaki etkileşimi kurup destekleyerek savunma bilimlerinin gelişmesine hizmet etmektir. Dergi; savunma yönetimi, harekât araştırması, askerî elektronik sistemler, harp silah ve araçları, harp tarihi, KBRN savunma, askerî eğitim yönetimi, güvenlik araştırmaları, bilgisayar mühendisliği, istihbarat çalışmaları ve savunma bilimleri ile ilişkili diğer alanlarda nitelikli araştırmaları Türkçe ve İngilizce olarak yayımlamaktadır. Dergiye gönderilecek makalelerin, derginin son sayfasında ve [http://www.kho.edu.tr/akademik/enstitu/enstitu\\_Alp\\_SAVBEN\\_dergi\\_anasayfa.html](http://www.kho.edu.tr/akademik/enstitu/enstitu_Alp_SAVBEN_dergi_anasayfa.html) internet adresinde yer alan “Yazarlar İçin Rehber” bölümüne göre hazırlanıp gönderilmesi gerekmektedir.

## **Purpose and Scope**

The Journal of Defense Sciences, prepared and published by Alparslan Defence Sciences Institute since 2002, is published semiannually in May and November. The purpose of Defence Sciences Journal is to contribute to the literature by following scientific developments in defence sciences and creating a communication environment for scientific research and applications. It also facilitates interaction between researchers and practitioners in order to achieve progress in the field. The journal contains qualified articles in both Turkish and English languages in the fields of defence sciences, military operation studies, management sciences, international security and terrorism, operational research, military history, CBRN defence, military education management and other fields related to defence sciences. Submissions should be prepared in accordance with the instructions given under the section “Author Guideline” on the last page of the journal and website at [http://www.kho.edu.tr/akademik/enstitu/enstitu\\_Alp\\_SAVBEN\\_dergi\\_anasayfa.html](http://www.kho.edu.tr/akademik/enstitu/enstitu_Alp_SAVBEN_dergi_anasayfa.html).



## İÇİNDEKİLER / CONTENTS

Yol Altındaki Killi Bir Zeminin Uçucu Kül ile İyileştirilmesinin Karayolu Üst Yapısına ve Maliyetine Etkileri The Effects of The Improvement of a Clay Soil under The Road With Fly Ash on The Road Superstructure and Cost <b>Tacetin GEÇKİL, Mehmet Mahmut TANYILDIZI ve Ekrem Serdar YILDIRAN</b> .....	1
Does Terrorism Hinders Foreign Investments in Turkey? An Empirical Study with ARDL Bounds Test Türkiye’de Terörizm Yabancı Yatırımları Baskılıyor mu? ARDL Sınır Testine Dayalı Ampirik Bir Uygulama <b>Necmettin ÇELİK and Rıza BAYRAK</b> .....	23
Hava Alıklı Elektro-Pnömatik Bir Sistemin Modellenmesi ve Simülasyonu Simulation and Modelling of an Electro-Pneumatic System with Air Intake <b>O. Fatih ERCİS ve Ömer KELEŞ</b> .....	43
Elektrikli Araçların Patent Analizlerinin İncelenmesi ve Askerî Araçlar Üzerindeki Uygulamaları Examination of Patent Analysis of Electric Vehicles and Applications on Military Vehicles <b>Mehmet Hanifi KAYA</b> .....	69
Kurum Temelli Görüş ve Stratejinin Üçayağı Perspektifi: Yazın Taraması Institution-Based View and Strategy Tripod Perspective: A Literature Review <b>Hasan BOZTOPRAK</b> .....	105
Tabanca Gövdeleri İçin Polimer Kompozit Malzeme Geliştirilmesi Development of Polymer Composite Material for Gun Frames <b>Mahmutcan KARSLI, Yaşar SERT ve Tevfik KÜÇÜKÖMEROĞLU</b> .....	131
Ortaokul Öğrencilerinin Bilgi Güvenliği Farkındalığı Information Security Awareness of Secondary School Students <b>M. Ali DERİN ve M. Tuncay GENÇOĞLU</b> .....	159
Askerî Motifler: Delilerin Kıyafetleri Military Motifs: Clothes of Delis <b>Saadet DAĞ</b> .....	183
Ticari ve Askerî Elektronik Cihazlarda Kullanılan Yüzeye Montajlı Yeni Nesil Devre Elemanlarının Tamir Sürecindeki Etkili Faktörler Factors Effecting Rework of New Generation Surface Mount Components Used in Commercial and Military Electronic Devices <b>Necdet GEREN ve Murat ÇAKIRCA</b> .....	211
Yayın İlkeleri.....	245





## **Yol Altındaki Killi Bir Zeminin Uçucu Kül ile İyileştirilmesinin Karayolu Üstyapısına ve Maliyetine Etkileri**

Tacettin GEÇKİL\*, M. Mahmut TANYILDIZI\*\* ve E. Serdar YILDIRAN\*\*\*

### **Öz**

*Bu çalışmada, F sınıfı uçucu kül (UK) ile iyileştirilen killi bir yol taban zemininin karayolu üstyapı kalınlığına ve maliyetine etkileri araştırılmıştır. Bu amaçla, kil zemine ağırlıkça %5, %10, %15, %20 oranlarında UK ilave edilerek karışım numuneleri hazırlanmıştır. Hazırlanmış olan numuneler homojen bir şekilde karıştırıldıktan sonra sıkıştırma, serbest basınç ve Kaliforniya Taşıma Oranı deneylerine tabi tutularak en yüksek dayanımı veren UK oranı belirlenmiştir. Bu oran esas alınarak, karayolu üstyapı projelendirilmesinde kullanılan American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO 1986) yöntemi ile UK katkılı kil zeminin esnek ve rijit kaplamalarda sırasıyla Esneklik Modülü ( $M_R$ ) ile Yatak Katsayısı ( $k$ ) parametreleri, her iki üstyapı için tabaka kalınlıkları ve maliyet hesaplamaları araştırılmıştır. Deneysel çalışma sonucunda; uçucu kül katkısı ile kil zeminin serbest basınç dayanımında iyileşme olduğu ve maksimum dayanıma %10 UK oranında ulaşıldığı görülmüştür. Araştırma sonucunda, yol taban zemininin %10 UK ile iyileştirilmesi durumunda zemin  $M_R$  değerinin %367,47;  $k$  değerinin ise %140,68 oranında artış gösterdiği belirlenmiştir. Sonuç olarak, saf killi zemine kıyasla, %10 UK ile iyileştirilen killi bir zemin üzerine inşa edilecek 1 km uzunluğundaki bir yolda, esnek ve rijit üstyapı maliyetlerinin sırasıyla %37,45 ve %28,92 gibi önemli oranlarda azaldığı tespit edilmiştir.*

**Anahtar Kelimeler:** Killi Zemin, Uçucu Kül, Zemin Dayanımı, Esnek Üstyapı, Rijit Üstyapı, Maliyet Hesabı.

\* Doç.Dr., İnönü Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, tacettin.geckil@inonu.edu.tr, ORCID: 0000-0001-8070-6836

\*\* İ.s.Yzb., 2'nci Or.K.lığı, mmmtanyildizi@hotmail.com, ORCID: 0000-0001-5992-2665

\*\*\* İnş.Yük.Müh., Togi Metal İnş.San.Tic.Ltd.Şti., serdaryildiran44@gmail.com, ORCID: 0000-0002-8678-5544

## The Effects of The Improvement of a Clay Soil under The Road With Fly Ash on The Road Superstructure and Cost

### Abstract

*In this study, the effects of a Clay Road base soil improved by Class F fly ash (FA) on highway pavement thickness and costs were investigated. For this purpose, mixture samples were prepared by adding 5%, 10%, 15%, 20% by weight of FA to clay soil. After homogenously mixing the prepared samples, compaction, unconfined compression and California Bearing Ratio (CBR) tests were performed to determine the FA rate which gives the highest strength. Based on this ratio, the American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO 1986) method used in the design of highway pavement was investigated in terms of Elasticity Module ( $M_R$ ) and Bed Coefficient ( $k$ ) parameters, layer thicknesses and cost calculations for both pavements in flexible and rigid pavements, respectively. As a result of the experimental study; it has been observed that the unconfined compression strength of the clay soil has improved and the maximum strength has been reached at a rate of 10% FA with the addition of fly ash. As a result of the research, if the road base soil is improved by 10% FA, the soil  $M_R$  value is 367.47% and the  $k$  value increased by 140.68%. As a result, it was found that, compared to the pure clay soil, on a 1 km long road to be constructed on a clay soil that was improved by 10% FA, the costs of flexible and rigid pavements decreased significantly by 37.45% and 28.92% respectively.*

**Keywords:** Clay Soil, Fly Ash, Soil Strength, Flexible Pavement, Rigid Pavement, Cost Calculation.

### Giriş

Son zamanlarda, karayolu mühendisliğinde, taşıma gücü zayıf olan yol taban zeminlerini güçlendirmek amacıyla zemin içerisine çeşitli katkıları ilave edilerek zeminler stabilize edilmekte ve yol tabanının üstyapıya hazır hale getirilmesi sağlanmaktadır.

Taşıma gücü zayıf zeminlerin stabilize edilmesi, muhtelif iyileştirme yöntemleri (kimyasal, fiziksel ve mekanik) kullanılarak gerçekleştirilmektedir. Bu iyileştirmeler, zemin içerisindeki boşluk oranının en aza indirilmesi, zemine katkı maddesi ilave edilmesi, zeminde bulunan suyun drene edilmesi veya zemin içerisine

donatılar yerleştirilmesi ile yapılabilmektedir (Çakılcıoğlu, 2007; Hausman, 1990; Kılıç, 2008). Bunlardan en çok tercih edilen yöntem, zemine çeşitli katkı maddeleri ilave ederek, zeminin dayanımında iyileşme sağlamaktır. Bu amaçla, kireç, çimento, UK gibi katkılar zeminin dayanımının artırılmasında sıklıkla kullanılmaktadır. Bu katkı maddelerinin kolaylıkla temin edilmesi ve maliyetlerinin uygun olması zemin iyileştirmesinde kullanılmasını tercih sebebi haline getirmektedir. Ayrıca, bu katkılar ile zemini stabilize etmek, ekonomik olarak da çok daha fazla kazanç elde edilmesini sağlamaktadır (Çakılcıoğlu, 2007; Mitchell, 1981; Van Impe, 1989).

Bu çalışmada, taşıma gücü zayıf olan killi bir yol taban zemininin dayanımı üzerinde UK'nin etkisi araştırılmış ve bu durum yol üstyapısı maliyeti bakımından değerlendirilmiştir.

Zemin dayanımının artırılmasında iyileştirici bir katkı olarak kullanılan UK'ler, öğütülmüş veya toz olarak linyit veya taş kömürünün yüksek ısı altında yanması ile meydana gelen atık kalıntıları olup, tek başlarına bağlayıcılık özelliği bulunmayan ancak suya doygun ortamda kireçle birleştiklerinde bağlayıcılık özelliğine haiz olan puzolanik malzemelerdir (Erşan, 1996; Kavak, 1996; Taşçı, 2011). American Society for Testing Materials (ASTM) tarafından yapılan sınıflandırmada, UK'ler F ve C olmak üzere iki sınıfa ayrılırlar. F sınıfı UK'ler, taş kömürünün yanması sonucunda ortaya çıkan atık malzemelerdir. Bu küllerin içeriğinde az miktarda (%10 ve daha az) serbest kireç (CaO) bulunması sebebiyle bu maddeler düşük kireç külü olarak da adlandırılırlar. Bunlar, tek başlarına sertleşme özelliği gösteremezler. Ancak, suya doygun bir ortamda kireç ile reaksiyon sonucunda sertleşme özelliği kazanırlar (ASTM C 618). Kimyasal ve fiziksel özelliklerinin sağladığı bu avantajlardan dolayı UK'ler, dünyanın birçok ülkesinde, zemin dayanımının artırılmasında, beton ve çimento üretiminde, baraj inşaatlarında, yol dolgu malzemesi olarak alt temel ve temel malzemelerinde yaygın bir kullanım alanına sahiptirler (Erdoğan, 1993; Savran, 1988).

UK'ler, zeminler üzerindeki güçlendirme potansiyeli sebebiyle, zayıf dayanıma sahip zeminlerin iyileştirilmesi amacıyla araştırmacılar tarafından sıkça kullanılmıştır (Aksoy, Yılmaz ve Akarsu, 2007; Silitonga, Levacher ve Mezazigh, 2009; Brooks, 2009; Öntürk, 2011).

Öntürk (2011), mevcut taşıma gücü zayıf zeminlerin dayanımlarının iyileştirmesi için katkı maddesi olarak Seyitömer UK'sini ve bağlayıcı malzeme olarak da kireci kullanarak bir araştırma yapmıştır. Çalışmada, zemin numunesi

olarak kullanılan kaolin kiline UK, polisaj malzemesi ve belirli oranlarda kireç eklenerek homojen karışımli numuneler elde edilmiştir. Hazırlanan numunelerde UK ve kireç miktarı %15 oranında sabit tutularak, %10, %15 ve %20 oranlarında polisaj ilave edilerek deneyler yapılmıştır. Kompaksiyon deney sonuçlarına göre belirlenen en iyi zemin numunesi üzerinde CBR deneyi yapılmış ve elde edilen yeni zemin numunesinin taşıma kapasitesi belirlenmiştir. Çalışmalar neticesinde, kaolin kiline ilave edilen katkı maddeleri ile hazırlanan zemin numunesinin mevcut durumdaki zeminin dayanım değerlerini artırdığı tespit edilmiştir. Ferguson (1993), altı farklı zemin üzerinde yaptığı çalışmada, %16 UK ilavesi ile zeminlerin şişme probleminin önemli oranda azaldığı sonucuna varmıştır. Jiang ve Zhao (2015), yaptıkları çalışmada, yol dolgu yapımında kullanılan %1,5 ve %2,5 oranındaki UK-kireç karışımının, taban zemini dayanımı üzerinde olumlu sonuçlar verdiğini tespit etmişlerdir. Aksoy vd. (2007), Tunçbilek UK'sini kullanarak killi bir zemini stabilize etmişlerdir. Çalışmada, killi zeminin içerisine %3, %5, %10 oranlarında UK ilave edilerek dört farklı numune oluşturulmuştur. Optimum su muhtevasında hazırlanan her bir numune üzerinde 1, 7 ve 30 günlük kür süreleri sonunda serbest basınç deneyleri gerçekleştirilmiştir. Çalışmada, UK katkısı ile zeminin plastisite değerinde önemli bir artış gözlenmemiş, artan UK oranı ile optimum su muhtevası ve serbest basınç dayanımının ise artış gösterdiği tespit edilmiştir. Tan ve İyisan (1996), yaptıkları bir çalışmada, kilin dayanım özellikleri üzerinde UK katkısının etkilerini araştırmışlardır. Çalışma sonucunda, UK ilavesiyle kilin kayma direncinde ciddi oranda artış meydana geldiğini ve %80 kil - %20 UK karışımının en yüksek dayanımı gösterdiğini tespit etmişlerdir. Wasti (1990), zemin iyileştirme çalışmalarda UK'lerin kullanılabilirliğini araştırmak üzere, Çatalağzı ve Soma Termik santrallerinden elde edilen UK'lerin zeminlerin geoteknik özelliklerine etkisini araştırmıştır. Çalışmada, UK'lerin yüksek plastisiteli killerin dayanımının iyileştirilmesinde kullanılmasının uygun olacağı sonucuna varılmıştır. Gomez, Bastidas ve Ruge (2019), taşıma gücü zayıf killi bir zemine, kil ağırlığının %2, %4, %6, %8 oranlarında UK ilave ederek serbest basınç, sıkıştırma ve CBR deneyleri yapmışlardır. Çalışma sonucunda, UK katkısı ile kil zeminin dayanımında iyileşme olduğu ve maksimum dayanıma %8 UK oranında ulaşıldığı tespit edilmiştir. Taş, Fidan ve Yılmaz (2018), düşük plastisiteli killi bir zeminin stabilizasyonunda kullanılan %25 UK'ye, %0, %5, %10, %15, %20 oranlarında Bayburt taşı ilave ettikleri karışım numunelerinin bazı geoteknik özelliklerini araştırmışlardır. Tek eksenli serbest basınç dayanımı değerlerine göre Bayburt



taşının %10 oranında katıldığı %25 UK içeren karışımların en yüksek dayanım değerini verdiğini tespit etmişlerdir. İnan, Sezer, Ramyar ve Yılmaz (2005), İzmir Çiğli Jet Üssü'nden temin edilen bir tip yumuşak kilin, iki farklı UK ile stabilizasyonu üzerine bir deneysel araştırma yapmışlardır. Bu amaçla, kuru kil ağırlığının %5, %10, %15 ve %20 oranlarında UK içeren farklı UK-kil karışımları hazırlanmıştır. Katkısız zemine ek olarak, kireç içeriği farklı iki UK'den yukarıda verilen oranlarda kül eklenerek hazırlanan dörder numunenin optimum su muhtevaları, maksimum kuru birim hacim ağırlıkları ve serbest basınç dayanımları belirlenmiştir. Çalışmada, ağırlıkça %15'e kadar UK ilave edilmesinin, karışımların serbest basınç dayanımlarını önemli oranda artırdığı tespit edilmiştir.

Bu çalışmada, önceki çalışmalardan farklı olarak, UK ile dayanımı artırılmış olan taşıma gücü zayıf killi bir yol taban zemininin, karayolu üstyapısının kalınlıklarına ve maliyetlerine etkisi araştırılmıştır. Bu amaçla, güçlendirilmiş zemin numuneleri sıkıştırma, serbest basınç ve CBR deneylerine tabi tutulmuş ve AASHTO 1986 tasarım yöntemi yardımıyla esnek ve rijit yol üstyapı kalınlıkları belirlenerek güncel maliyetleri hesaplanmıştır.

### Materyal ve Deneysel Çalışmalar

Çalışmada, yol taban zemini olarak kullanılan killi malzeme Malatya Kiltape bölgesinden temin edilmiştir. Kil malzemesinin mühendislik özellikleri TS 1900-1 standardına göre belirlenmiş ve Tablo 1'de verilmiştir.

**Tablo 1.** Kil Zemininin Özellikleri

Parametreler	Simgesi	Birimi	Değeri
Dane birim hacim ağırlığı	$\gamma_s$	$g/cm^3$	2,680
Maksimum kuru birim hacim ağırlığı	$g_{kmax}$	$g/cm^3$	1,450
Optimum su içeriği	$w_{opt}$	%	27
Likit limit	-	%	61
Plastik limit	-	%	29
Plastisite indeksi	PI	-	32
Sınıflandırma	-	-	CH

Kil zeminin güçlendirilmesi amacıyla kullanılan F sınıfı uçucu kül (UK) ise İSKEN-İskenderun Enerji Üretim ve Tic.A.Ş. termik santralinden temin edilmiş ve kimyasal özellikleri Tablo 2’de verilmiştir.

**Tablo 2.** Uçucu Külün Kimyasal Kompozisyonu

Kimyasal İçerik	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	SO <sub>3</sub>	Na <sub>2</sub> O	CaO	Cl <sup>-</sup>
Değer (%)	63,04	21,63	6,77	1,07	0,10	2,79	0,02	0,01

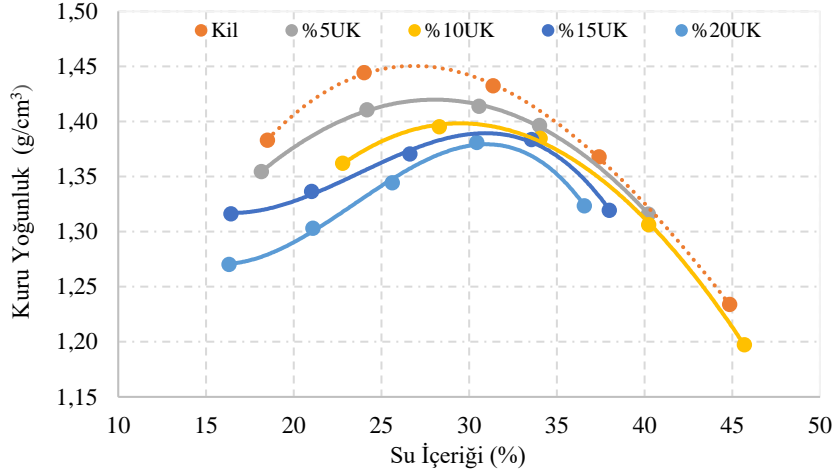
Çalışmada, kil-UK karışım numuneleri hazırlanmadan önce her iki malzeme 24 saat boyunca 105±5 °C’lik etüvde kurutulmuştur. Daha sonra, kil zemin içerisine literatürde yapılmış olan önceki çalışmalar (Mollamahmutoğlu, Yılmaz ve Güngör, 2009; Yılmaz, 2016) dikkate alınarak ağırlıkça %5, %10, %15 ve %20 oranlarında UK ilave edilerek stabilize karışımlar hazırlanmıştır.

Çalışmanın bütününde, saf kil ve stabilize karışımlar sırasıyla kil, %5 UK, %10 UK, %15 UK ve %20 UK olarak isimlendirilmiştir.

Hazırlanmış olan saf kil ve stabilize karışım numunelerinden üçer adet hazırlanarak, numuneler TS 1900-1’e uygun olarak Standart Proktor deneyine tabi tutulmuştur. Stabilize numuneler optimum su oranı tayini için deneye tabi tutulurken, UK’nin karışımdaki puzolanik reaktivitesini artırmak ve zemin ile arasında iyi bir etkileşim kurmak amacıyla su yerine sodyum hidroksit (NaOH) çözeltisi eklenmiştir.

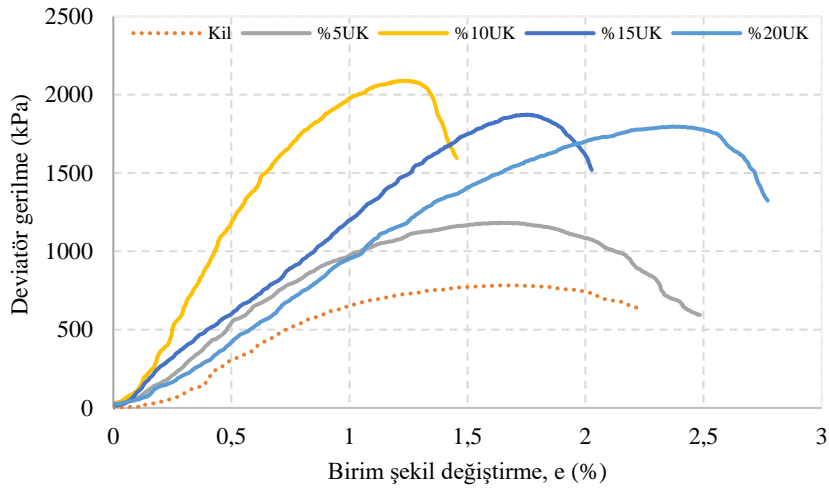
Numunelerin, Standart Proktor deneyleri sonucunda elde edilen Kuru Yoğunluk-Su İçeriği Grafikleri Şekil 1’de gösterilmiştir.

Şekil 1 dikkate alındığında, UK miktarındaki artışa bağlı olarak numunelerin optimum su muhtevasında artış, maksimum kuru yoğunluklarında ise azalma meydana geldiği görülmektedir. Su muhtevasındaki artışın ve kuru yoğunlukta meydana gelen azalmanın, Arulrajah (2016) tarafından yapılan benzer bir çalışmada belirtildiği gibi, UK’nin yüksek su emme potansiyeli ve ince taneli yapıya sahip olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

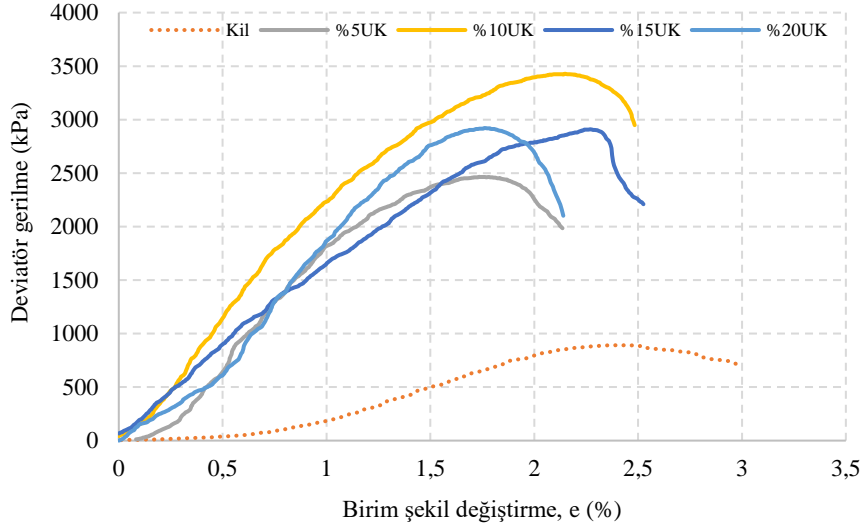


Şekil 1. Numunelere Ait Kuru Yoğunluk (gk) - Su İçeriği (%) Grafikleri

Standart Proktor deneyi sonucunda elde edilen optimum su içerikleri dikkate alınarak, serbest basınç ve CBR deneylerine tabi tutmak amacıyla karışım numuneleri hazırlanmıştır. Öncelikle, hazırlanmış olan bütün numuneler 7 ve 28 günlük kür sürelerine tabi tutularak, kür süresi sonunda numuneler üzerinde serbest basınç deneyi gerçekleştirilmiştir. Karışım numunelerinin 7 ve 28 günlük kür süresi sonucunda elde edilen Gerilme-Şekil Değişirme Grafikleri sırasıyla Şekil 2 ve Şekil 3'te verilmiştir.



Şekil 2. Numunelere Ait Serbest Basınç Deneyi Sonuçları (7 günlük kür)



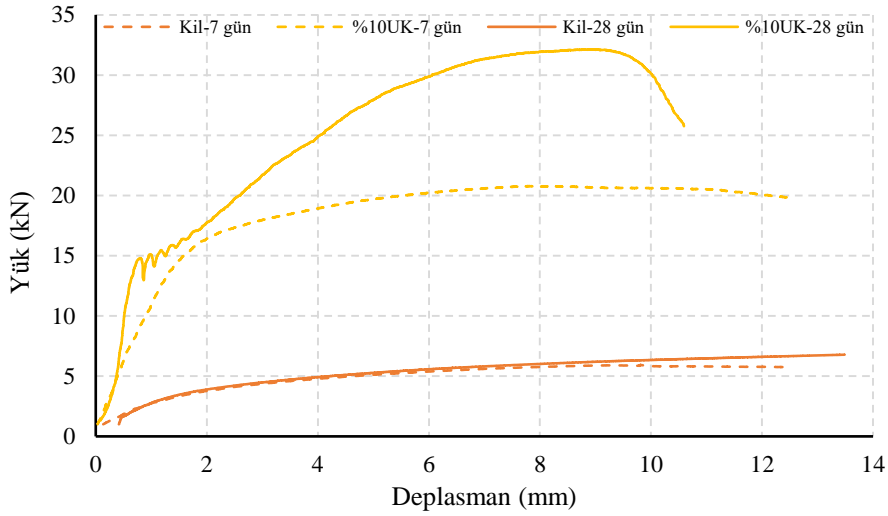
**Şekil 3.** Numunelere Ait Serbest Basınç Deneyi Sonuçları (28 günlük kür)

Şekil 2 ve Şekil 3'te görüldüğü üzere, karışımların maksimum serbest basınç dayanımının %10 UK katkısıyla hazırlanmış kil numunelere ait olduğu belirlenmiştir. 7 ve 28 günlük kür süreleri sonunda %10 UK katkısı ile stabilize kilin serbest basınç dayanımlarının, saf kil zemine kıyasla sırasıyla 2,67 ve 3,84 kat arttığı tespit edilmiştir. Bununla birlikte, karışımların kür süreleri dikkate alındığında, 28 günlük kür süresine tabi tutulan numunelerin kayma dirençleri 7 günlük kür süresine kıyasla daha büyük elde edilmiştir. Bunun, karışımda kullanılan NaOH çözeltisi sebebiyle devam eden puzolanik reaktiviteden kaynaklandığı düşünülmektedir. Sonuç olarak, UK'nin kil zeminin kayma direnci ve kohezyon yeteneği üzerinde oldukça olumlu bir etkiye sahip olduğunu ifade etmek mümkündür.

Ancak, UK kullanılarak yapılan önceki çalışmalar dikkate alındığında maksimum dayanımı veren oranların birbirinden farklılık gösterdiği görülmektedir (İnan vd., 2005; Taş vd., 2018; Gomez vd., 2019). Yapılan incelemeler sonucunda bu farklılığın kullanılan UK ve killerin yapısal farklılıklarından ve kullanılan çözeltilerin cins ve miktarından kaynaklandığı değerlendirilmektedir.

Serbest Basınç deneyleri sonucunda, en uygun katkı oranı %10 olarak tespit edildikten sonra, saf ve stabilize karışım numuneleri CBR deneyine tabi tutulmuştur.

Bu amaçla, saf kil ve %10 UK içeren karışım numuneleri hazırlanarak bu numuneler 7 ve 28 günlük kür sürelerine tabi tutulmuştur. Çalışmada, her bir deney için ikişer adet numune hazırlanmıştır. CBR deneyine tabi tutulan saf kil ve %10 UK katkılı karışım numunelerine ait yük-deplasman grafikleri Şekil 4'te verilmiştir.



Şekil 4. CBR Deneyi İle Elde Edilen Yük-Deplasman Grafikleri

Şekil 4'te görüldüğü üzere, 7 günlük küre tabi tutulmuş saf kil zemine ait 2,5 ve 5 mm'lik deplasmanlara ait düzeltilmiş CBR değerleri %31,2 ve %25,6; %10 UK ilave edilmiş kil zemininin aynı deplasmanlara ait düzeltilmiş CBR değerleri %131,23 ve %98,46 olarak elde edilmiştir. 7 günlük kür sonunda, %10 UK katkılı kilin 2,5 ve 5 mm'lik deplasman için CBR değerlerinde sırasıyla 4,20 ve 3,85 kat artış meydana gelmiştir. Benzer şekilde, 28 günlük küre tabi tutulmuş saf kilin 2,5 ve 5 mm'lik deplasmanlarına ait düzeltilmiş CBR değerleri sırasıyla %32 ve %26,4; %10 UK katkılı kil zemininin aynı deplasmanlara karşılık gelen düzeltilmiş CBR değerleri sırasıyla %149,59 ve %139,95 olarak elde edilmiştir. 28 günlük kür sonunda, %10 UK katkılı kilin 2,5 ve 5 mm'lik deplasman için CBR değerlerinde sırasıyla 4,67 ve 5,30 kat artış meydana gelmiştir.

Bu sonuçlar, UK'nin kil zeminin kalıcı deformasyonlara karşı direnci üzerinde çok olumlu bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir.

### AASHTO Yöntemi ile Esnek ve Rijit Üstyapıda Taşıma Gücünün Analitik İncelenmesi

Karayolu esnek üstyapı tasarımında hedef, projelendirilen tasarım ömrü süresince, tekerrür edecek olan trafiği, çatlamalara ve şekil değiştirmelere maruz bırakmadan emniyetli bir şekilde taşıyabilecek üstyapı tabaka kalınlıklarının belirlenmesi ve üstyapı tabakalarını oluşturacak malzemelerin özelliklerinin saptanmasıdır. Bu kapsamda, üstyapı kalınlıklarının hesabında üstyapıya etkiyen faktörleri kapsayan AASHTO 1986 yönteminde deney yolu denklemi Eşitlik 1 ile verilmiştir. Yöntemde, yol esnek üstyapı sayısı (SN) Eşitlik 1’de verilen formüle göre hesaplanmaktadır (AASHTO).

$$\begin{aligned} \text{Log}W_{8,2t} = & Z_R \times S_0 + 9,36 \times \log_{10}(SN+1) - 0,20 + \frac{\log(\Delta PSI / (4,2-1,5))}{1 + [1,624 \times 10^7 / (D+1)^{8,46}]} \\ & 0,40 + [1094 / (SN+1)^{5,19}] \\ & + 2,32 \times \text{Log}(M_R) - 8,07 \end{aligned} \quad (1)$$

Burada;

- $W_{8,2t}$  : 8,2 ton tek dingil yükünün üstyapının son servis yeteneğine düşmesi için gerekli toplam tekerrür sayısı  
 $M_R$  : Taban zemini esneklik modülü, psi ( $6,8950 \times 10^3$  Pa)  
 $S_0$  : Standart sapma  
 $Z_R$  : Güvenilirliğin yüzdesine bağlı olarak tespit edilen standart normal sapma değeri  
 $SN$  : Üstyapı sayısı  
 $\Delta PSI$  : Servis kabiliyeti indeksi

Karayolu rijit (beton) üstyapı performansı için  $W_{8,2t}$ 'nin, kaplamanın performansı üzerine etkisi göz önünde bulundurularak elde edilen AASHTO 1986 denklemi Eşitlik 2’de verilmiştir. Yöntemde beton kaplama kalınlığı (D) Eşitlik 2’de verilen formüle göre hesaplanmaktadır.

$$\begin{aligned} \text{Log}_{10}W_{8,2} = & Z_R \times S_0 + 7,35 \times \log_{10}(D+1) - 0,06 + \frac{\log_{10}[\Delta PSI / (4,5-1,5)]}{1 + [1,624 \times 10^7 / (D+1)^{8,46}]} \\ & + (4,22 - 0,32 \times P_t) \times \text{Log}_{10} \frac{S'_c \times C_d \times [D^{0,75} - 1,132]}{215,63 \times J \times [D^{0,75} - [18,42 / (E_c / k^{0,25})]]} \end{aligned} \quad (2)$$

Burada;

- $W_{8.2}$  : 8,2 ton eşdeğer tek-dingil yükü tekerrür sayısı  
 $Z_R$  : Standart normal sapma  
 $S_0$  : Trafik tahmini ve performans tahmininin bileşik standart hatası  
 $D$  : Rijit üstyapı beton kaplama kalınlığı, inç (0,0254 m)  
 $\Delta PSI$  :  $P_0-P_t$  (Servis kabiliyetinde azalma miktarı)  
 $P_0$  : Başlangıç servis kabiliyeti indeksi  
 $P_t$  : Nihai servis kabiliyeti indeksi  
 $S'_c$  : Betonun kopma modülü (Eğilmede çekme dayanımı), psi ( $6,8950 \times 10^3$  Pa)  
 $J$  : Yük transfer katsayısı  
 $C_d$  : Drenaj katsayısı  
 $E_c$  : Betonun elastisite modülü, psi ( $6,8950 \times 10^3$  Pa)  
 $k$  : Yatak katsayısı, psi/inç veya  $kg/cm^2/cm$ 'ni göstermektedir.

Çalışmada, UK'nin esnek ve rijit yol üstyapısı üzerindeki etkilerini belirlemek amacıyla en uygun dayanımı veren karışım oranı ve kür süresi dikkate alınarak AASHTO yöntemi ile üstyapı tasarımı yapılmıştır.

#### **a. AASHTO Yöntemi ile Esnek Üstyapı için Taban Zemini Taşıma Gücünün Analitik İncelenmesi**

Esnek üstyapı tasarımı için, %10 UK katkılı kil zemininin 28 günlük kür süresi sonundaki CBR değerleri esas alınmıştır. Bu sebeple, saf ve %10 UK katkılı kil zeminlerin 28 günlük kür sonunda elde edilen CBR değerleri olan %32 ve %149,59 oranları sırasıyla kullanılarak hesaplamalar yapılmıştır. Bunun için, öncelikle AASHTO yöntemi ile üstyapısı dizayn edilecek yolun taban zemininin esneklik modülü ( $M_R$ ) değerinin hesaplanması gerekir.

Zemine ait  $M_R$  ve CBR değerleri arasında  $M_R=1500 \times CBR$  bağıntısı mevcut olup, zemine ait CBR değerinin bilinmesi durumunda  $M_R$  değeri yaklaşık olarak hesaplanabilmektedir (Kök, Yılmaz ve Geçkil, 2012).

Buna göre, saf ve %10 UK katkılı kil zeminler için  $M_R$  değerleri sırasıyla 48.000 psi (330948350,07 Pa) ve 224.385 psi (1547080115,2 Pa) olarak bulunmuştur. Esnek kaplamaların hesaplamalarında kullanılan diğer ortak değerler ise Tablo 3'te verilmiştir.

**Tablo 3.** Esnek Kaplama Hesaplamalarında Kullanılan Parametreler

Kullanılan Parametreler	Seçilen Değer
8,2 ton tek dingil yükünün üstyapının son servis yeteneğine düşmesi için gerekli toplam tekerrür sayısı, $W_{8,2}$	10.000.000
Standart sapma, $S_0$	0,60
Güvenilirliğin yüzdesine bağlı olarak tespit edilen standart normal sapma değeri, $Z_R$	-3,090
Servis kabiliyeti indeksi, $\Delta PSI$	2,20

$M_R=48.000$  psi için;

$$-3,090 \times 0,60 + 9,36 \times \log_{10}(SN+1) - 0,20 + \frac{\log(2,20/(4,2-1,5))}{0,40 + [1094/(SN+1)^{5,19}]} + 2,32 \times \text{Log}(48.000) - 8,07 - \text{Log}_{10}(10.000.000) = 0$$

Bağıntı yardımı ile saf ve %10 UK katkılı kil zeminler için SN değerleri sırasıyla 6,934 inç (17,61 cm) ve 4,337 inç (11,01 cm) olarak belirlenmiştir.

Bu sonuca göre, esnek üstyapı tasarımında yol taban zemini olarak saf kil yerine %10 UK katkılı kil zemin kullanılması durumunda üstyapı sayısında %37,45 oranında büyük bir azalma meydana geldiği görülmektedir. Bu durum, aynı trafik etkilerine maruz bir yolda daha az kalınlığa sahip üstyapı tabakalarının inşa edilmesine, dolayısıyla daha düşük maliyet anlamına gelmektedir.

#### **b. AASHTO Yöntemi ile Rijit Üstyapı için Taban Zemini Taşıma Gücünün Analitik İncelenmesi**

Rijit (beton) kaplamalarda zemin taşıma gücü (yatak katsayısı) 'k', esnek kaplamalarda ise zemin esneklik modülü ' $M_R$ ' ile tanımlanmaktadır. 'k' ile ' $M_R$ ' arasında Eşitlik 3'teki gibi bir bağıntı mevcuttur (Kök vd., 2012).

$$k = M_R/19,4 \quad (3)$$

Eşitlik (3) yardımı ile saf ve %10 UK katkılı kil zeminler için k değerleri sırasıyla 2.475 ve 11.566,24 olarak belirlenmiştir.



Rijit kaplamaların hesaplamalarında kullanılan diğer parametreler ise Tablo 4'te verilmiştir.

**Tablo 4.** Rijit Kaplama Hesaplamalarında Kullanılan Parametreler

Kullanılan Parametreler	Seçilen Değer
8,2 ton eşdeğer tek-dingil yükü tekerrür sayısı, $W_{8,2}$	45.000.000
Yük transfer katsayısı, J	3,2
Drenaj katsayısı, $C_d$	1
Trafik tahmini ve performans tahmininin bileşik standart hatası, $S_0$	0,35
Standart normal sapma, $Z_R$	-1,645
Betonun elastisite modülü, $E_C$	5.000.000
Nihai servis kabiliyeti indeksi, $P_t$	2,5
Betonun kopma modülü (Eğilmede çekme dayanımı) (psi), $S'_c$	645
Servis yeteneği kaybı, $\Delta PSI$	2

$k=2.475$  pci için;

$$\begin{aligned} & (-1,645) \times (0,35) + 7,35 \times \log_{10}(D+1) - 0,06 + \frac{\log_{10}[2/(4,5-1,5)]}{1 + [1,624 \times 10^7 / (D+1)^{8,46}]} \\ & + (4,22 - 0,32 \times 2,5) \times \log_{10} \frac{645 \times 1 \times [D^{0,75} - 1,132]}{215,63 \times 3,2 \times [D^{0,75} - [18,42 / (5.000.000 / 2.475^{0,25})]]} \\ & - \log_{10}(45.000.000) = 0 \end{aligned}$$

Bağıntı yardımı ile saf ve %10 UK katkılı kil zeminler için D değerleri sırasıyla 12,215 inç (31,02 cm) ve 8,683 inç (22,05 cm) olarak hesaplanmıştır.

Bu sonuçlara göre, rijit üstyapı tasarımında yol taban zemini olarak saf kil yerine %10 UK katkılı kil zemin kullanılması durumunda üstyapı kalınlığında %28,92 oranında önemli bir azalmanın meydana geldiği görülmektedir. Bu durumda, benzer ağır trafik etkilerine maruz bir yolda, yol zemininin UK ile stabilize

edilmesiyle rijit üstyapı kalınlığının ciddi oranda azalacağını ve bunun yol maliyetini önemli ölçüde düşüreceğini ifade etmek mümkündür.

### c. Maliyet Hesabı Sonuçları

Çalışmada, UK ile iyileştirilmiş kil zeminin karayolu esnek ve rijit üstyapı maliyetleri üzerindeki etkisi, Karayolları Genel Müdürlüğü (KGM)'nün verileri esas alınarak değerlendirilmiştir.

KGM tarafından yayınlanmış olan birim fiyat cetvellerinde, alt temel ve temel tabakaları için birim ağırlık (ton) ve birim hacim ( $m^3$ ) maliyetleri; bitümlü temel, binder ve aşınma tabakaları için birim alan ( $m^2$ ) maliyetleri yayınlanmıştır.

Çalışmada, karayolu üstyapılarının ekonomik analizi için 2018 yılı KGM birim fiyatları kullanılmıştır. Tablo 5'te esnek üstyapı için analiz kapsamında kullanılacak birim maliyetler verilmiştir (<http://www.birimfiyat.net>, 2018).

**Tablo 5.** Esnek Üstyapı için Tabaka Cinslerine Göre Birim Maliyetler

Poz No.	Tanımı	Birimi	Birim Fiyatı (TL)	$m^2/cm$ Maliyeti (TL)
KGM/6405/S	5 cm sıkışmış kalınlıkta 1 $m^2$ asfalt betonu aşınma tabakası yapılması	$m^2$	9,27	1,85
KGM/6308	8 cm sıkışmış kalınlıkta 1 $m^2$ asfalt betonu binder tabakası yapılması	$m^2$	13,11	1,64
KGM/6212-A	12 cm sıkışmış kalınlıkta 1 $m^2$ asfalt betonu bitümlü sıcak temel tabakası yapılması	$m^2$	18,21	1,52
KGM/6100/3	Plentmix temel yapılması (kırılmış ve elenmiş ocak taşı ile), (Yoğunluk, 2,40 $g/cm^3$ )	ton	37,63	0,90
KGM/6010	Elenmiş çakıllı malzeme ile alt temel yapılması (kum-çakıl alt temel)	$m^3$	11,32	0,11

Çalışmada saf kil zemin üzerine inşa edilecek olan tabaka cinslerine göre birim maliyet hesabında, alt temel tabakası 20 cm, granüler temel tabakası 20 cm, bitümlü temel tabakası 12 cm, binder tabakası (asfalt betonu) 8 cm ve aşınma tabakası (asfalt betonu) 5 cm olarak alınmıştır.

Esnek yol kaplamasının maliyet hesabında; her bir tabakanın maliyeti, Tablo 5'te verilen birim fiyatların, tabakanın kendi kalınlığına bölünerek "m<sup>2</sup>/cm" cinsinden hesaplanarak elde edilmiş ve bunların toplamı ile üstyapı birim maliyeti belirlenmiştir. Bu hesaplamalara göre, esnek yol üstyapı kalınlığının m<sup>2</sup>/cm cinsinden birim maliyeti toplam 6,02 TL olarak elde edilmiştir.

Ancak, daha önce hesaplandığı üzere, %10 UK katkılı kil zeminin üstyapı sayısında saf kil zemine kıyasla %37,45 oranında bir azalma meydana geldiğinden, bu durumda; %10 UK katkılı kil zeminin üstyapı birim maliyeti 3,77 TL olacaktır.

Bu hesaplamalara göre, 1000 m uzunluğunda ve 20 m genişliğindeki bölünmüş bir yolda yol taban zemininin %10 UK ile iyileştirilmesi durumunda 45.000,00 TL tasarruf sağlanmış olacaktır.

Rijit üstyapı hesabı için analiz kapsamında kullanılacak birim maliyetler Tablo 6'da verilmiştir (<http://www.birimfiyat.net>, 2018).

**Tablo 6.** Rijit Üstyapı için C25 Betonun Birim Maliyeti

Poz No	Tanım	Birimi	Birim Fiyat (TL)	m <sup>2</sup> /cm Maliyeti (TL)
Y.16.050/05	Beton santralinde üretilen veya satın alınan ve beton pompasıyla basılan, C 25/30 basınç dayanım sınıfında beton dökülmesi (beton nakli dahil)	m <sup>3</sup>	165,03	1,65

Yukarıdaki hesaplama benzer şekilde, saf kil zeminin rijit yol üstyapı kalınlığının m<sup>2</sup>/cm cinsinden birim maliyeti 1,65 TL olarak elde edilmiştir. Daha önce hesaplandığı üzere; yol taban zemininin %10 UK ile iyileştirilmesi durumunda, saf kil zemine kıyasla, kaplama kalınlığında %28,92 oranında bir azalma meydana geldiğinden, %10 UK katkılı zemin için üstyapı maliyeti 1,17 TL olacaktır. Bu hesaplamalara göre, aynı uzunluktaki bir yolda yol taban zemininin %10 UK ile iyileştirilmesi durumunda 9.600,00 TL tasarruf sağlanmış olacaktır.

Bir ülkenin binlerce km'den oluşan yol ağı dikkate alındığında, esnek ve rijit üstyapı inşaatlarında yapılacak zemin iyileştirmeleri yardımıyla, tabaka kalınlıkları ve kullanılacak malzeme miktarları azalacak; işçilik, taşıma ve enerji giderleri düşecek ve önemli ekonomik tasarruf sağlanmış olacaktır. Sonuç olarak, bu tasarrufların ülke ekonomisine ciddi katkılar sağlayacağı değerlendirilmektedir.

### Sonuçlar ve Öneriler

Bu çalışmada, F sınıfı UK ilave edilerek dayanımı artırılan killi bir yol taban zemininin, karayolu esnek ve rijit üstyapı kalınlıklarına ve maliyetlerine etkileri araştırılmıştır. Yapılan çalışmalar neticesinde aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

1. Kil zeminin içeriğindeki UK miktarının artmasına bağlı olarak, karışımların optimum su muhtevalarında artış, maksimum kuru yoğunluk değerlerinde ise azalma görülmüştür. Bu durumun, UK'nin yüksek su emme potansiyeli ve ince taneli yapıya sahip olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

2. Saf kil ve UK ile stabilize edilmiş numunelerin 7 ve 28 günlük kür süresi sonunda elde edilen serbest basınç deney sonuçlarına göre, her iki kür süresi için en yüksek serbest basınç dayanımları %10 UK içeren karışımlardan elde edilmiştir. Bu kür sürelerinde, %10 UK içeren karışımların serbest basınç dayanımları saf kile kıyasla sırasıyla 2,67 ve 3,84 kat artış göstermiştir. Bu sonuç, kil zeminin kayma direnci ve kohezyon yeteneği üzerinde UK'nin iyileştirici bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir.

3. CBR deney sonuçlarına göre, 7 günlük küre tabi tutulmuş %10 UK içeren karışımların 2,5 ve 5 mm'lik deplasmanlara karşılık gelen CBR değerleri, aynı kür süresine tabi saf kil numunelere kıyasla sırasıyla 4,20 ve 3,85 kat artış göstermiştir. Benzer şekilde, 28 günlük kür süresi için bu değerler sırasıyla 4,67 ve 5,30 kat elde edilmiştir. Bu önemli artışlar, kil zeminin kalıcı deformasyon direnci üzerinde UK'nin çok olumlu bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir.

4. Esnek üstyapı tasarımı için, %10 UK içeren killi karışımların CBR oranlarına göre belirlenen  $M_R$  değerleri yardımıyla hesaplanan üstyapı sayısı, saf kil zemine kıyasla %37,45 oranında azalma göstermiştir. Benzer şekilde, rijit üstyapı için belirlenen  $k$  değerleri yardımıyla hesaplanan üstyapı kalınlığında ise %28,92 oranında azalma meydana gelmiştir. Bu azalmalar, üstyapıyı oluşturan tabaka kalınlıklarının da azalacağı anlamına geldiğinden, yol yapım maliyeti de buna bağlı olarak azalacaktır.

5. Karayolu üstyapı tabakaları için birim maliyetler dikkate alındığında; 1000 m uzunluğunda ve 20 m genişliğindeki bölünmüş bir yolun taban zemini %10 UK ile iyileştirildiğinde, saf zemine kıyasla esnek kaplama için 45.000,00 TL, rijit kaplama için 9.600,00 TL tasarruf edilmiş olacaktır.

Sonuç olarak, killi bir zemine UK ilave edilmesiyle zeminin dayanımının önemli ölçüde arttığı, yol üstyapı tabaka kalınlıklarının ve yapım maliyetlerinin azaldığı tespit edilmiştir. Bunun yanında, esnek ve rijit yol ile sivil ve askerî havaalanı zeminlerinin UK ile iyileştirilmesi durumunda, UK'nin çevreye verdiği zararı önlemek ve ülke ekonomisine kazanç sağlamak bakımından olumlu olacağı düşünülmektedir.

## **Extended Summary**

### **Introduction**

In highway engineering, depending on the soil of road infrastructure, many deterioration occurs in road pavement such as slump, sliding, swelling, cracking. Recently, the road pavement has been strengthened by adding various contributions to the soil in order to strengthen the soil, which has poor bearing capacity, before the road pavement is built. Many methods, including physical, chemical and mechanical, are used for the improvement of soils. The most preferred method of these is to improve the strength of the soil by adding various additives into the soil. Various additives such as cement, lime, Fly Ash (FA) are used for this purpose.

### **Material and Experimental Studies**

In this study, it was aimed to improve a clay soil with poor bearing capacity by using Class F fly ash. In addition, the effect of this improved soil on the thickness and costs of the highway flexible and rigid superstructure was investigated. For this purpose, clay soil obtained from Malatya Kıltepe region was taken and tried to be improved. ISKEN-İskenderun Energy Production and Trade Inc. the F Class FA, supplied from the thermal power plant, was used. Mixture samples were prepared by adding 5%, 10%, 15% and 20% FA into the soil by weight. The samples were carried out to a Standard Proctor Test and The Optimum Water Content of the samples were determined. Samples prepared at the Optimum water rate were carried out Compaction, Unconfined Compression and California Bearing Ratio (CBR) experiments after homogenous mixing. With the help of these experiments, the FA

rate which gives the highest resistance was determined. Based on this ratio, flexible and rigid pavement thicknesses and costs were calculated with the help of AASHTO 1986 method. As a result of the experimental studies, an increase in the optimum water content of the mixtures and a decrease in the maximum dry density were observed due to the increase in the FA content of the clay soil. Furthermore, the highest compressive strength was obtained from mixtures containing 10% FA according to the Unconfined Compression Test results at the end of the cure period of 7 and 28 days of pure and FA doped samples. The unconfined compression test resistances at these curing times increased by 2.67 and 3.84 times, respectively, compared to pure clay. According to the CBR test results, the CBR values of the mixtures containing 10% FA at the end of the 7 day cure period showed a 4.20 and 3.85 times increase, respectively, compared to pure clay for displacement of 2.5 and 5 mm. Similarly, for the cure period of 28 days, these values were 4.67 and 5.30 times respectively. According to the AASHTO 1986 method, the number of flexible pavement showed a 37.45% reduction for clayey soil containing 10% FA compared to Pure Clay soils. Similarly, the thickness of the rigid pavement decreased by 28.92%. In addition, when unit costs for road pavement layers are taken into account, when the base soil of a 1000 m long and 20 m wide road is improved by 10% FA, a saving of 45.000,00 TL for flexible pavement and 9.600,00 TL for rigid pavement will be reinforcement.

### **Results and Recommendations**

As a result, it was found that the strength of the soil increased significantly with the addition of FA to a clayey soil, reducing the layer thicknesses and construction costs of the road pavement. In addition, if the flexible and rigid road and civil and military airport soils are improved with the FA, it is thought that the FA will be positive in terms of preventing damage to the environment and providing benefits to the country's economy.

### **Kaynakça**

#### **Makaleler**

- Arulrajah, A., Mohammadinia, A., Horpibulsuk, S., Samingthong, W. (2016). Influence of class F fly ash and curing temperature on strength development of fly ash-recycled concrete aggregate blends. *Construction and Building Materials*, 127, 743-750.

- Brooks, R.M. (2009). Soil Stabilization with Fly Ash and Rice Husk Ash. *International Journal of Research and Reviews in Applied Sciences*, 209-217.
- Ferguson, G. (1993). Use of Self-Cementing Fly Ashes As A Soil Stabilization Agent, Fly Ash for Soil Improvement. *Geotehcnical Special Publication*, 1-15.
- Hausman, M.R. (1990). Engineering Principles of Ground Modification. *International Edition*, 321-335.
- İnan, G., Sezer A., Ramyar, K., Yılmaz, H.R. (2005). Değişik Uçucu Küllerin Yüksek Plastisiteli Kilin Serbest Basınç Dayanımına Etkisi. *Selçuk Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 1-4.
- Jiang, Z.G., Zhao, Y. (2015). Mechanism and Optimal Application of Chemical Additives for Accelerating Early Strength of Lime-Fly ash Stabilized Soils. *Journal of Wuhan University of Technology-Materials Science Edition*, 110-112.
- Kök, B.V., Yılmaz, M. ve Geçkil, A. (2012). Çimento Stabilizasyonlu Zeminin Esnek Üstyapı Maliyetine Etkisi. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 165-172.
- Mollamahmutoğlu, M., Yılmaz, Y. ve Güngör, A.G. (2009). Effect of a Class C Fly Ash on the Geotechnical Properties of an Expansive Soil. *International Journal of Engineering Research-Development*, 1-6.
- Silitonga, E., Levacher, D. ve Mezazigh, S. (2009). Effects of the Use of Fly Ash as a Binder on the Mechanical Behaviour of Treated Dredged Sediments. *Environmental Technology*, 799-807.
- Taş, M., Fidan, D., ve Yılmaz, F. (2018). Uçucu Kül ve Bayburt Taşı ile Zemin Stabilizasyonu. *Bayburt Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 9-14.
- Wasti, Y. (1990). Uçucu Küllerin Geoteknik Özellikleri ve Kullanım Olanakları. *İMO Teknik Dergi*, 177-188.

### **Tezler**

- Çakılcıoğlu, İ. (2007). *Yüksek Plastisiteli Killerin Stabilizasyonu*. Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya.

- Erşan, H. (1996). *Uçucu Küllerin Siltli Zeminlerin Kayma Mukavemeti Üzerine Etkisi*. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Kılıç, G. (2008). *Çimento ile Zemin Stabilizasyonu*. Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Kavak, A. (1996). *The Behavior of Lime Stabilized Clays under Cyclic Loading*. Doktora Tezi, Boğaziçi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Öntürk, K. (2011). *Zemin İyileştirmesinde Polisaaj, Kireç ve Uçucu Külün Kullanımı*. Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya.
- Savran, K.Z. (1988). *Stabilization of Cohesive Soils with Fly Ash*. Yüksek Lisans Tezi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Taşçı, G. (2011). *Problemlili Kil Zeminin Geoteknik Özelliklerine Silis Dumanı ve Kireç Katkısının Etkisi*. Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.

### **Kongre ve Sempozyum**

- Aksoy, H.S., Yılmaz, M., Akarsu, E.E. (2007). Killi Zeminin Tunçbilek Uçucu Külü Kullanılarak Stabilizasyonu, *2'nci Geoteknik Sempozyumu*.
- Erdoğan, T.Y. (1993). Atık Hammaddelerin İnşaat Endüstrisinde Kullanımı, *Endüstriyel Atıkların İnşaat Sektöründe Kullanımı Sempozyumu*.
- Gomez G.P., Bastida M.J.G., and Ruge C.J.C. (2019). Soil stabilization with lime and fly ash, *Colombia Congreso Internacional*.
- Mitchell, J.K. (1981). Soil Improvement-State of the Art Report. In Proc., *11th Int. Conf.*
- Tan, O., İyisan R. (1996). Uçucu Kül ile Zemin Stabilizasyonu, *ZMTM 6'ncı Ulusal Kongresi*.
- Van Impe, W.F. (1989). Soil Improvement Techniques and Their Evolution. *Aa Balkema Rotterdam Conf.*
- Yılmaz, F. (2016). Zemin Stabilizasyonunda Uçucu Kül Kullanımı, *3rd Alanya International Symposium*.

### **Web Siteleri**

<http://www.birimfiyat.net>, 2018.



---

**Standartlar**

American Association of State Highway and Transportation Officials, AASHTO  
Guide for Design of Pavement Structures. Washington, D.C.:1986.

ASTM C 618, (1991). Specification for Fly Ash and Raw or Calcined Natural  
Pozzolan for use as a mineral admixture in Portland Cement Concrete,  
ASTM.





## **Does Terrorism Hinders Foreign Investments in Turkey? An Empirical Study with ARDL Bounds Test**

Necmettin ÇELİK\* and Rıza BAYRAK\*\*

### **Abstract**

*Terrorism has been maintained for the last five decades in fluctuating frequency in Turkey. In this process, thousands of people have been killed or wounded in over 4.000 terrorist attacks. However, the intangible economic costs and damages of them were ignored partially. Accordingly, this study investigates the intangible economic aspects of the terrorist attacks in terms of foreign direct investments over the 1988-2018 period towards Turkey as a developing country. The findings of the Autoregressive Distributed Lag (ARDL) Bounds Test, which is designed by the results of Zivot-Andres Unit Root Test allowing a break in time series, indicate that there is not a statistically significant relationship between terrorist attacks and foreign direct investments both in the short-run and long-run at the national level. The low share of terrorist attacks targeting business and investments as well as the low frequency, severity and geographically concentration degree of them could be potential reasons for these findings. However, potentially destructive impacts of terrorist attacks, which are frequently observed in the southeast of Turkey, should not be ignorable.*

**Keywords:** Terrorism, Foreign Direct Investments, ARDL Bounds Test, Turkey.

**JEL Codes:** C22, F21, F51.

---

\*Dr.Öğr.Üyesi, İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi, İktisat Bölümü,  
necmettin.celik@ikcu.edu.tr, ORCID: 0000-0003-0139-7778.

\*\*Dr.Öğr.Üyesi, OSTİM Teknik Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi,  
riza.bayrak@ostimteknik.edu.tr, ORCID: 0000-0002-7397-2295.

Geliş Tarihi/Received : 10.02.2020

Kabul Tarihi/Accepted : 10.07.2020

Araştırma Makalesi/Research Article

DOI: 10.17134.khosbd.813238

## Türkiye’de Terörizm Yabancı Yatırımları Baskılıyor mu? ARDL Sınır Testine Dayalı Ampirik Bir Uygulama

### Öz

*Türkiye’de terörizm yaklaşık elli yıldır inişli çıkışlı bir şekilde süregelmektedir. Bu süreçte, 4.000’in üzerinde terörist saldırı sebebiyle binlerce kişinin yaşamını yitirdiği ya da yaralandığı görülmektedir. Ancak, bu saldırıların görünür olmayan iktisadi maliyetleri ve zararları kısmen de olsa göz ardı edilmektedir. Bu doğrultuda yapılan çalışmada, 1998 - 2018 döneminde, terör saldırılarının, gelişmekte olan bir ülke olarak, Türkiye’ye yönelik doğrudan yabancı yatırımlar üzerindeki etkileri incelenmektedir. Zaman serilerinde tek yapısal kırılmaya izin veren Zivot-Andrews Birim Kök Testi sonuçlarına göre oluşturulan ve tahmin edilen ARDL Sınır Testinin bulguları, ulusal düzeyde, terör olaylarıyla doğrudan yabancı yatırımlar arasında ne kısa ne de uzun dönemde istatistiksel olarak anlamlı herhangi bir ilişki bulunmadığı yönündedir. Bu durumun muhtemel sebeplerinden biri, Türkiye’de gözlemlenen terör olaylarının sıklık, sertlik ve coğrafi yoğunluk derecesinin düşük olmasının yanı sıra iş dünyasını ve yatırımları hedef alma oranlarının da düşük olmasıdır. Ancak, terör olaylarının sıklıkla gözlemlendiği Türkiye’nin güneydoğusunda yer alan bölgeler üzerindeki muhtemel saptırıcı etkileri göz ardı edilmemelidir.*

**Anahtar Kelimeler:** Terörizm, Doğrudan Yabancı Yatırımlar, ARDL Sınır Testi, Türkiye.

**JEL Kodları:** C22, F21, F51.

### Introduction

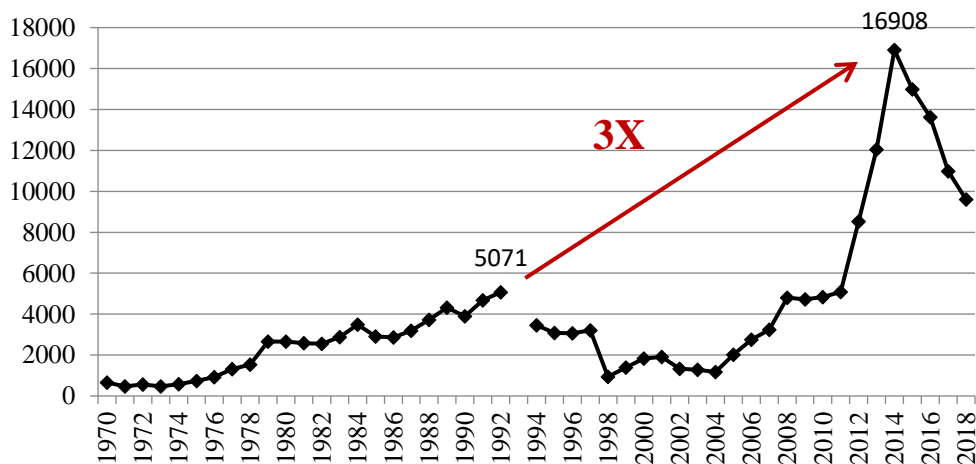
There is no consensus on the definition of terrorism (Laqueur, 1987; Reinares, 2003; Schmid, 2004) which is firstly used politically in French Revolution (Krueger and Maleckova, 2002:2) and expressed as “created fear on societies consciously via organized violence” (Cooper, 2001:883). When the definitions of the United Nation General Assembly, the United Nation Security Council, and the European Union are considered as a whole, terrorism could be defined as acts and attempts including violence which aim to cause political instability societies and it includes three main

dimensions that are systematic use of force; by creating fear on illegal use of force and political goals (Çelik, 2014: 7).

According to definition of the United Nation General Assembly in Declaration on Measures to Eliminate International Terrorism, terrorist attacks include “criminal acts intended or calculated to provoke a state of terror in the general public, a group of persons or particular persons for political purposes are in any circumstance unjustifiable, whatever the considerations of a political, philosophical, ideological, racial, ethnic, religious or any other nature that may be invoked to justify them.”

In addition, National Consortium for the Study of Terrorism and Responses to Terrorism (START) defines terror as a “the threatened or actual use of violence to achieve political, economic, religious or social goals by fear, coercion or intimidation” (START, 2019:10).

According to Figure 1, showing terrorist attacks observed over the world, without statistic of 1993 due to the lack of data for that year in GTD, terrorism has been dramatically increased especially since 2012, which is outbreak of the Syrian Conflict/War, and it reached its highest level in history in 2014 as 16.908 terrorist attacks. It is higher three times than terrorist attacks observed in 1992 which is the sub-peak point of them after the end of Cold War. This new situation indicates that terrorism is highly related to fragile and failed structure of international order.



**Figure 1.** Terrorist Attacks over the World

(It is compiled from START Global Terrorism Database Statistics.)

These dramatic changes are also observed in Turkey where history of terrorism goes back to the 1960s. After right-left wing conflicts until the 1970s, 42 Turkish diplomats were killed in 21 foreign countries due to the 110 terrorist attacks by Armenian Secret Army for the Liberation of Armenia (ASALA) (Gökbunar and Ulusan, 2010:77). On the other hand, terrorist attacks of Kurdistan Workers' Party (PKK) have been maintained in a fluctuating way since 1984. In addition, Islamic State of Iraq and the Levant (ISIL) and People's Protection Units (YPG) terrorist groups could have been active in recent years because of the fragile structure of Syria. Although, 92 terrorist groups are still or once active in Turkey, according to Global Terrorism Database (GTD) statistics over 1970-2018 period, which is shown in Figure 2, PKK is the dominant terrorist group in terms of the number of terrorist attacks. It is responsible for the 50% of total attacks. In addition, according to GTD statistics, 6.984 people were killed; 10.104 persons were wounded and it had 110-Million-dollar damage due to 4.391 terrorist attacks by 92 terrorist groups between 1970-2018 period. For this reason, the indirect effects of terrorism appeared in the mid-term and long-term by the loss of confidence atmosphere rather than the direct effects of terrorism in the short-run such as humanitarian and tangible economic costs should be investigated in Turkey.

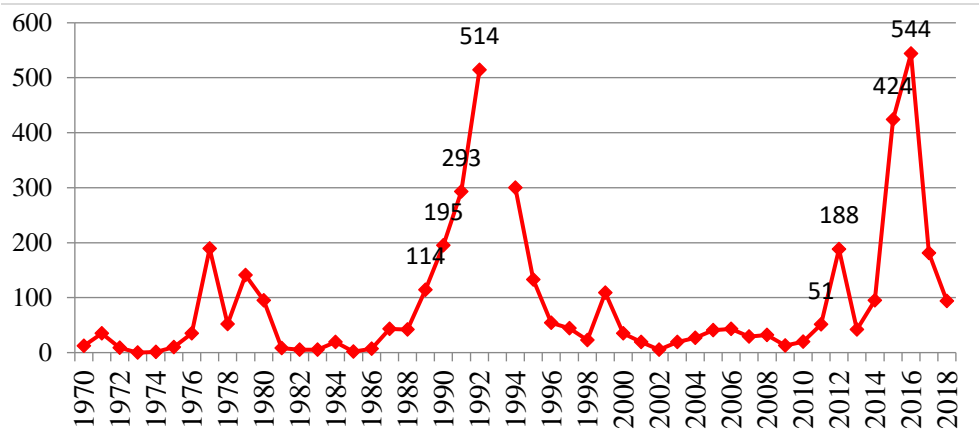


**Figure 2.** Terrorist Attacks by Terrorist Groups in Turkey (1970-2018)  
(It is compiled from START Global Terrorism Database Statistics.)

The effect of terrorism on Foreign Direct Investments (FDI), which is recognized as a source of economic growth (Papanek, 1973; De Mello, 1997;

Berthelemy and Demurger, 2000; Alguacil et al., 2011; Cuadros et al., 2004; Balasubramanyam et al., 1996; Choe, 2003; Iamsiraroj and Ulubaşoğlu, 2015), is one of the indirect effects of terrorism in mid-term and long-term. Indeed, Schneider and Frey (1985), Ender and Sandler (1996), Ramcharran (1999), Blomberg and Mody (2005), Enders et al. (2006), Kang and Lee (2007), Abadie and Gardeazabal (2008), Daniele and Marani (2011), Bandyopadhyay et al. (2011), Omay et al. (2011), Filer and Stanistic (2012), Rasheed and Tahir (2012), Kinyanjui (2014), Akıncı et al. (2015), Bezic et al. (2016), Saeed et al. (2018), Zakaria et al. (2019) indicate that terrorism hinders foreign direct investments.

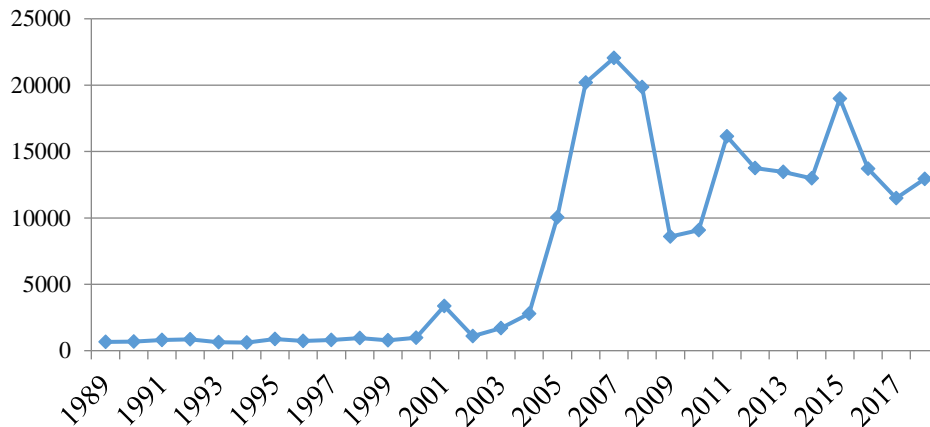
Therefore, in this study, the investigation of the indirect effects of terrorism, which are frequently observed in the southeast of Turkey especially since 1984, on foreign direct investment inflows were aimed. Although Turkey is the 23<sup>rd</sup> largest country that attracts foreign investments according to the United Nations Conference on Trade and Development (UNCTAD) statistics in 2018, the indirect effects of terrorism on foreign investments must be investigated to design national and international policies about counter-terrorism to raise foreign investments. Since, the share of foreign investments in Turkey is less than 1% of the world's investments and Figure 3 shows that the frequency degree of terrorist attacks has been increasing dramatically in Turkey recently. Accordingly, terrorist attacks have increased especially since Syrian Conflict as well as 1990's. It is parallel with trends of terrorist attacks over the world especially increased dramatically in 1990s and 2000s, which are, respectively, the end of Cold War and the beginning of multipolar international order periods. Therefore, terrorism could be recognized as an "external shock", which is caused and designed by international and interregional disorders, in Turkey.



**Figure 3. Terrorist Attacks in Turkey**

(It is compiled from START Global Terrorism Database Statistics.)

On the other hand, according to Figure 4, which is compiled from UNCTAD statistics, amount of FDI inflows to Turkey reached a peak in the early of 2000s which is the period of liquidity expansion over the world. However, this period is also stable in terms of terrorist attacks. Therefore, it shows a potential linkage between terrorist attacks and foreign direct investment in Turkey.



**Figure 4. FDI Inflows in Turkey (Million \$)**

(It is compiled from UNCTAD Global Terrorism Database Statistics.)



## Methodology

### Data and Variables

This study aims the effects of terrorism on FDI in Turkey in 1989-2018. The liberalization of foreign capital in Turkey dates back to 1989 and last statistics about terrorism are observed in 2018. The share of foreign direct investments in the Gross Domestic Product (GDP) is the dependent variable while the number of terrorist attacks is the independent variable. The variables were taken into consideration as logarithmic form and growth rate. Table 1 shows detailed information about them.

Terrorist attacks are expected to have distorting effects on foreign investments by the loss of confidence; in other words, terrorist attacks hinder foreign direct investment inflows. Therefore, **LTERRORIST<sub>ATTACKS</sub>** variable will have a negative sign. However, the size and statistically significance of **LTERRORIST<sub>ATTACKS</sub>** coefficient depend on the frequency and severity degrees and also target groups of them. As frequency and severity degree of terrorist attacks rise, the impact of them on foreign direct investment will increase due to further worsening political atmosphere. Accordingly, distorting effects of terrorist attacks could be negligible or zero due to their low frequency and hardness degree as periodically and geographically as well as the low share of business in targets of them in Turkey.

**Table 1.** Characteristics of Variables

Variables	Symbol	Definition	Sources
Foreign Direct Investments (FDI)	<b>LFDIGDP</b>	The logarithmic form of the growth rate of foreign direct investments in gross domestic product	UNCTAD*
Terrorism	<b>LTERRORIST<sub>ATTACKS</sub></b>	The logarithmic form of the growth rate of terrorist attacks	GTD**

\* UNCTAD : United Nations Conference on Trade and Development

\*\*GTD : Global Terrorism Database

---

### Econometric Model

The function of the econometric model covering 1989-2018 periods in case of Turkey could be shown as:

$$\mathbf{LFDIGDP}_t = \beta_1 - \beta_2 \mathbf{LTERRORIST}_{ATTACKS_t} + u_t \quad (1)$$

$$t = 1988, 1989, \dots, 2018$$

(Hypothesis: Terrorist attacks hinder foreign direct investments)

$R^2$  and t-statistics could be misleading even if the sample is large when the time series is not stationary; therefore, the relationship between variables could be a forgery (Gujarati and Porter, 2012). For this reason, in the first step, the unit root test with structural breaks as well as traditional tests were used because of the potential breaks in time series. Because, the observed dramatic changes in both foreign direct investments inflows and terrorist attacks in Turkey could cause structural breaks in series. Additionally, structural breaks in the series cause an increase in critical values by reducing the power performance of traditional unit root tests (Ben-David et al., 2003). Table 2 shows the results of the Zivot-Andrew Unit Root Test allowing one break-in, respectively, intercept; trend and regime as well as Augmented Dicky-Fuller (ADF) and Phillips-Perron (PP) as traditional tests.

Accordingly, Zivot-Andrews Test results which are parallel with ADF and PP Tests indicate that the LFDIGDP variable does not have a unit root or it is at a stationary level. However, LTERRORIST<sub>ATTACKS</sub> has a unit root and becomes stationary at its first difference according to with a break rather than results of traditional tests. In other words, the results of traditional and new tests with a break are not same. According to results of Zivot-Andrews Unit Root Test, the function of econometric model became as follows:

$$\mathbf{LFDIGDP}_t = \alpha_1 - \alpha_2 * \mathbf{D(LTERRORIST}_{ATTACKS_t}) + v_t \quad (2)$$

$$t = 1989, \dots, 2018 \text{ (period)}$$

**Table 2.** Unit Root Tests (with and without a structural break)

Traditional Unit Root Tests			Variables		
			LFDIGDP	LTERRORIST <sub>ATTACKS</sub>	
ADF	C+T	Z (t)	- <b>5.673(0)***</b>		<b>-4.648(0)***</b>
<i>ADF Critical Values</i>			1%	5%	10%
			-2.628	-1.950	-1.611
PP	C+T	Z (rho)	- <b>32.13(0)***</b>		<b>-28.916(0)***</b>
		Z (t)	<b>-5.67(0)***</b>		<b>-4.648(0)***</b>
<i>PP Critical Values</i>			1%	5%	10%
			-17.540	-12.660	-10.300
			Z (rho)		
			Z (t)	-2.986	-2.624
Unit Root Tests with a Structural Break			Variables		
			LFDIGDP	LTERRORIST <sub>ATTACKS</sub>	D.LTERRORIST <sub>ATTACKS</sub>
	MODEL A	Min.τ [Break]	- <b>6.671(0)***</b> [2001]	-2.865(1) [2010]	<b>-11.511(0)***</b> [2007]
Zivot- Andrews	MODEL B	Min.τ [Break]	- <b>5.910(0)***</b> [1996]	-2.326(1) [1995]	<b>-10.938(0)***</b> [2013]
	MODEL C	Min.τ [Break]	- <b>7.268(0)***</b> [1999]	-2.756(1) [2011]	<b>-11.739(0)***</b> [2007]
<i>Zivot-Andrews Critical Values 5%</i>			<i>MODEL A</i>	<i>MODEL B</i>	<i>MODEL C</i>
			-5.34	-4.80	-4.58

**Note:** Model A, Model B, and Model C allow onebreak, respectively, inintercept; trend and both intercept and trend. The size distortion for Model (B) is more moderate with an actual size of 14.2% (Zivot and Andrews, 1992: 258). The values in parenthesis ( ) show the number of lags determined by AIC.

In equation 2, D(LTERRORIST<sub>ATTACKS<sub>t</sub></sub>) refers to first difference of LTERRORIST<sub>ATTACKS</sub> variable. For this reason, the model covers 1989-2018 period. The long-term cointegration relation between variables becoming stationary at different levels should be estimated by Autoregressive Distributed Lag (ARDL) Bounds Test. Since, ARDL is more suitable even if regressors into purely I(0), purely (I) or mutually cointegrated (Pesaran et al., 2001) rather than Johansen Cointegration Test which investigated cointegrated vectors by Maximum Likelihood Methodology. In addition, the ARDL Test is relatively more efficient in the small samples and provides the unbiased long-run coefficients (Harris and Sollis, 2003). In other words, the using of ARDL Bounds Test, developed by Pesaran and Shin (1995); Pesaran and Pesaran (1997); Pesaran and Smith (1998) and Pesaran et al. (2001), which is useful when variables are stationary at either I(0) or I(1) and not

useful if variables are cointegrated at I(2) or higher level, has been increasing in the economic literature. In this direction, the new functional form of econometric models, considering stationary variables and ARDL format, is shown as:

$$\Delta LFDIGDP = \emptyset_0 + \sum_{i=1}^m \emptyset_{1i} \Delta LFDIGDP_{t-i} - \sum_{i=1}^m \emptyset_{2i} \Delta D(LTERRORISTATTACKS)_{t-i} + \emptyset_3 LFDIGDP_{t-1} - \emptyset_4 D(LTERRORISTATTACKS)_{t-1} + \varepsilon_t \quad (3)$$

### Findings

According to Table 3 showing the long-run ARDL results between terrorist attacks and foreign direct investment inflows over 1989-2018 period in Turkey, ARDL Model is valid in terms of diagnostic tests that are Jargue-Bera Normality Test, White's Heteroskedasticity Test and Breusch-Godfrey Autocorrelation LM Test. Accordingly, error terms are normally distributed and there is no heteroskedasticity and autocorrelation problems in standard errors of coefficients. Therefore, ARDL Bounds Test could be estimated over this model.

**Table 3.** Long-run ARDL Results

Dependent Variable: FDIGDP	Coefficients	Standard Errors	t-statistics
<b>LFDIGDP</b>			
L1	0.09	0.2041	0.46
L2	0.04	0.2032	0.21
L3	0.29	0.2027	1.45
<b>D.LTERRORISTATTACKS</b>			
LEVEL	-0.01	0.1626	-0.09
L1	-0.27	0.1961	-1.38
L2	0.11	0.2020	0.58
L3	0.14	0.1831	0.79
Constant	-0.26	0.2499	-1.08
<b>Diagnostic Tests Statistics</b>		<b><math>\chi^2</math> [p-value]</b>	
<i>Breusch-Godfrey LM Test (Autocorrelation)</i>		4.352[0.1135]	
<i>White's Test (Heteroskedasticity)</i>		41.25[0.1831]	
<i>Jargue-Bera Normality Test</i>		1.038[0.5952]	
<i>R<sup>2</sup></i>		0.2883	

In this direction, the results of the ARDL Bounds Test having a null hypothesis as no level relationship between variables and including lags which are determined by Akaike Information Criterion (AIC) in Table 4 indicate that there is no long-term relationship between terrorism and foreign direct investment inflows in Turkey. Because, F-statistic is lower than 1% and 5% critical bounds.

**Table 4.** ARDL Bounds Test (Pesaran,Shin,Smith (2001))

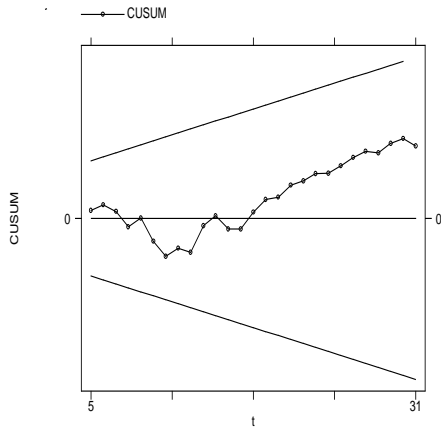
F-stat	1% Critical Bounds		5% Critical Bounds	
	I(0)	I(1)	I(0)	I(1)
1.469	6.84	7.84	4.94	5.73

H<sub>0</sub>: no level relationship

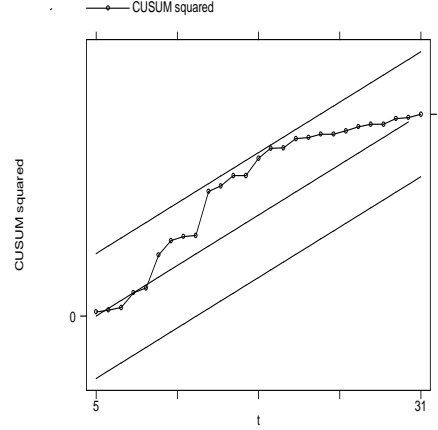
Finally, in Table 5, the ARDL Error Correction Model analyzing the short-run relationship between these variables indicates that there is also no statistically significant short-run relationship between terrorism and foreign direct investment in Turkey. Since the level and lagged coefficients of D.LTERRORIST<sub>ATTACKS</sub> variables are statistically insignificant as well as adjustment variable (ADJ). In addition, according to Figure 5 and Figure 6 showing respectively plots of CUSUM and CUSUM<sup>2</sup> statistics between D.LTERRORIST<sub>ATTACKS</sub> and LFDIGDP, coefficients are robust.

**Table 5.** Long-run and Short-run ARDL Coefficients

Dependent Variable: FDIGDP	Coefficients	Standard Error	t-statistics
<b>ADJ</b>			
LFDIGDP (-1)	-0.56	0.3366	-1.69
<b>LONG-RUN</b>			
D.LTERRORIST <sub>ATTACKS</sub>	-0.03	0.9021	-0.04
<b>SHORT-RUN</b>			
LFDIGDP			
LD.	-0.33	0.2307	-1.20
L2D.	-0.29	0.2027	-1.45
LTERRORIST <sub>ATTACKS</sub>			
D1	0.007	0.4414	0.02
LD	-0.26	0.3341	-0.79
L2D	-0.14	0.1831	-0.79
Constant	-0.26	0.2499	-1.08
R <sup>2</sup>	0.6417		
Root MSE	0.9336		



**Figure 5.** Plots of CUSUM Statistics, between D.LTERRORIST<sub>ATTACKS</sub> and LFDIGDP



**Figure 6.** Plots of CUSUM<sup>2</sup> Statistics, between D.LTERRORIST<sub>ATTACKS</sub> and LFDIGDP

### Conclusion and Recommendations

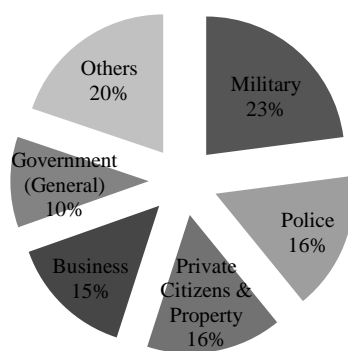
Terrorism, which could be defined as acts and attempts including violence, aiming cause political instability by creating fear on societies via systematic and illegal use of force, has been dramatically increased over the world due to fragile and failed structure of international order mainly. Similarly, terrorist attacks, which are observed in the last five decades, have been increased especially in recent years in Turkey. PKK is the major perpetrator of these attacks rather than many terrorist groups such as ISIL and YPG. The humanitarian and tangible economic costs of these attacks are discussed deeply while the indirect effects of them are ignored. Actually, these attacks could hinder the foreign investments in concerns with the political instability atmosphere as well as terrorist attacks' humanitarian and tangible economic costs. This study aims the investigation of these indirect effects of terrorism in Turkey over 1989-2018 periods.

In the first step of investigation, Zivot-Andres Unit Root Test allowing one break in time series was estimated as well as traditional unit root tests that are Augmented Dicky-Fuller (ADF) and Phillips-Perron (PP) due to the potential breaks. Indeed, break points are observed in both foreign direct investments inflows and terrorist attacks in Turkey because structural breaks could reduce the power performance of traditional unit root tests. Secondly, Autoregressive Distributed Lag (ARDL) Bounds Test and ARDL Error Correction Model were designed

according to results of Zivot-Andrews Unit Root Test. The findings of ARDL Bounds Test and Error Correction Model indicate that there are no statistically significant effects of terrorist attacks on foreign direct investments in both the short-run and long-run in the case of Turkey.

One of the potential reasons of these findings is that 15% of the total terrorist attacks target business while a significant share of them targets military and police according to statistics which are compiled from the START database. Figure 7 includes detail information about target groups of terrorist attacks over 1970-2018 periods in Turkey. In addition, the long-distance between locations which are frequently observed terrorist attacks and foreign investment clusters in Turkey could be the other potential reason.

The investigation of the impacts of terrorist attacks on the regional economies, which are especially in southeast Turkey, is not possible due to the lack of statistics related to foreign investment at the regional level in Turkey. However, the disturbing effects of terrorism are possible on the southeast of the country by the withdrawal of potential foreign investments. In other words, the direct and indirect effects of terrorism could be higher and statistically significant especially in the southeast of the country where terrorist attacks were frequently observed.



**Figure 7.** Terrorist Attacks by Targeting Groups in Turkey (1970-2018)  
(It is compiled with START Global Terrorism Database Statistics.)

Therefore, obstacles to political participation should be removed. In addition, the measurements, creating employment opportunities by increasing physical and human capital accumulation of those regions, should be taken. Indeed, as the employment opportunities increase and obstacles on participation and polarization

erode, the opportunity cost of violence will increase and the tendency to apply democratic solutions will also rise. On the other hand, the public support of terrorism will be weakened and then, the man force of terrorist groups will erode.

Therefore, the competitive advantages of those regions, depending on their industrial clustering patterns, should be supported for regional specialization. In addition, decreasing the 10% threshold on national political participation should be debated by political scientists in all aspects. Indeed, political polarization and democracy could decrease terrorism by creating higher opportunity costs on the use of violence.

### Genişletilmiş Özet

Genel kabul gören ve üzerinde uzlaşmış bir tanımlı olmamakla birlikte, genel olarak, siyasi hedeflere ulaşma noktasında geniş halk kitleleri üzerinde korku yaratarak istikrarsız bir atmosfer yaratan şiddete dayalı eylemler olarak ifade edilebilecek olan terör kavramı, ciddi bir politik ve toplumsal sorun olarak uluslararası sistemde varlığını korumakta ve şiddetlenerek artmaktadır. Dönemsel olarak incelendiğinde, terör olaylarında yaşanan dramatik artışların “Soğuk Savaş” döneminin sona erdiği 1990’lı yıllara ve uluslararası sistemin çok kutuplu bir yapıya doğru evrilmeye başladığı 2000’li yıllara denk geldiği görülmektedir.

Türkiye’de ise, Küresel Terörizm Veritabanı istatistiklerinden derlenen bilgilere göre, yaklaşık elli yıldır farklı zamanlarda şiddetlenerek süregelen ve ASALA, PKK, YPG ve ISIL gibi terör örgütlerinin ön planda olduğu irili-ufaklı 92 terörist grup tarafından gerçekleştirilen terör olayları sebebiyle, 6.984 kişinin yaşamını yitirdiği; 10.104 kişinin yaralandığı ve 110 Milyon Dolara yakın maddi hasarın oluştuğu görülmektedir. Bu açıdan bakıldığında, kırılmalı ve başarısız devletler olarak nitelendirilebilecek istikrarsız ülkelerin olduğu coğrafyada yer alan Türkiye’de, terörün olası iç ve dış etkenlere dayalı olarak süregelen ve atalet kazanan yapısal bir sorun olduğu görülmektedir. Nitekim, Türkiye’de gözlemlenen terör olaylarının periyodik sıklık düzeyi incelendiğinde, içinde bulunduğu coğrafyadaki ve dünyadaki politik gelişmelerle ilintili bir trend içerisinde olması, Türkiye’de terörün bir tür coğrafyadan kaynaklı “dışsal şok” vasfı taşıyabileceği görülmektedir.

Dünya’da ve Türkiye’de dramatik bir düzeye ulaşan terörün kısa dönemdeki insani ve maddi nitelikli maliyetleri tartışılır olsa da kaybolan güven ortamı nedeniyle daha ziyade orta ve uzun vadede ortaya çıkan dolaylı etkileri, sıklıkla, göz



ardı edilmektedir. Oysaki terör saldırılarının, özellikle gelişmekte olan ülkeler açısından önemli bir döviz, istihdam ve büyüme kaynağı olan yabancı yatırımcıların yatırım yeri kararlarında saptırıcı bir etki yaratarak ülkelerin büyüme potansiyellerini baskılaması oldukça muhtemeldir. Çünkü yabancı yatırımcıların yatırım yeri kararlarının ardında düşük işgücü maliyetleri, düşük girdi maliyetleri gibi iktisadi belirleyicilerin yanı sıra politik ve fiziki güven ortamı da ciddi bir belirleyici faktör olarak yer almaktadır. Başka bir ifadeyle, yabancı yatırımcıların özellikle büyük çaplı yatırımlarını daha sorunsuz ve istikrarlı bir ülkede ya da bölgede gerçekleştirme eğiliminde olmaları oldukça muhtemeldir.

Bu doğrultuda yapılan çalışmada, dünya genelindeki yabancı yatırımların yalnızca %1'ini kendisine çekeabilen Türkiye'de yaklaşık elli yıldır süregelen terör olaylarının yatırımlar üzerindeki olası saptırıcı etkilerinin incelenmesi; böylece, terörün somut maliyetlerinin yanı sıra orta ve uzun vadeli dolaylı-soyut maliyetlerinin de ortaya konulması amaçlanmıştır. Analiz öncesinde, 1988-2018 dönemine ilişkin Küresel Terörizm Veritabanından derlenen terör saldırıları ve UNCTAD Veritabanından alınan doğrudan yabancı yatırım tutarlarına ilişkin istatistiklerde olası kırılma ihtimaline karşın, ADF ve PP gibi geleneksel birim kök testlerinin yanı sıra tek kırılmaya izin veren Zivot-Andrews Birim Kök Testi uygulanmıştır. Birim kök sınamalarında, her iki değişkenin farklı derecelerden durağan olduğunun tespit edilmesi neticesinde, değişkenlerin ARDL Sınır Testi'ne dayalı olarak analiz edilmesine karar verilmiştir. Çünkü bu yaklaşım, geleneksel eşbütünleşme testlerinin aksine, değişkenlerin aynı derecede durağan olmalarının yanı sıra farklı dereceden durağan seriler arasında da olası koentegrasyon ilişkisinin analiz edilmesine imkân tanımaktadır (Pesaran vd., 2001). Ayrıca bu test; bu çalışmada olduğu gibi, küçük örneklerde dahi etkin sonuçlar vermekte ve sapmasız uzun dönemli katsayıların tahmin edilebilmesini sağlamaktadır (Harris ve Sollis, 2003).

ARDL Sınır Testi sonuçları, kısa ve uzun dönemde, terör saldırılarının doğrudan yabancı yatırımlar üzerindeki olası saptırıcı etkilerinin, Türkiye özelinde, istatistiksel olarak anlamsız olduğunu; başka bir ifadeyle, Türkiye'ye gelen doğrudan yabancı yatırımların yaşanan terör olaylarından etkilenmediğini ortaya koymaktadır. Bu durumun muhtemel sebeplerinden biri, Türkiye'de gözlemlenen terör olaylarının görülme sıklığının ve sebep olduğu ölüm ve yaralanmaları ifade eden şiddet düzeyinin düşük olması ve yabancı yatırımların yoğunlaştığı bölgelerden ziyade ülkenin güneydoğusunda atalet kazanmış olmasıdır. Bununla birlikte, terörist

saldırıların hedefinde daha ziyade asker, polis ve diğer devlet kurumlarının ağırlıklı olması; buna karşın, iş dünyasını ve yatırımlarını hedef alan saldırıların görece düşük oranda seyretmesi, böylesi bir saptırıcı etkinin Türkiye özelinde gözlemlenmemiş olmasının bir diğer muhtemel sebebi olarak değerlendirilebilir. Nitekim Küresel Terörizm Veritabanından derlenen istatistiklere göre, 1970-2018 döneminde kayıtlı 4.391 terörist saldırının %40'ının asker ve polisi hedef aldığı; iş dünyası ve yatırımları hedef alan saldırıların payının yalnızca %15 olduğu görülmektedir (Global Terrorism Database).

Öte yandan, terör olaylarının doğrudan yabancı yatırımlar üzerinde, ulusal düzeyde saptırıcı bir etki yaratmamış olsa da, benzer bir durum, terör saldırılarının sıklıkla gözlemlendiği ülkenin güneydoğusunda yer alan bölgeler açısından geçerli olmayabilir. Nitekim bu bölgelerde yerli ve yabancı yatırımların oldukça sık kaldığı, işsizlik ve yoksulluğun ön planda olduğu göz önüne alındığında, terör saldırılarının ulusal düzeyde olmasa da bölgesel düzeyde ciddi bir yıpratıcı etki yarattığı dikkate alınmalıdır. Ancak, doğrudan yabancı yatırımlara ilişkin parasal büyüklük istatistiklerinin bölge düzeyinde mevcut olmaması, bu çalışmada yapılan analizin bölgesel düzeyde genişletilmesine ve böylesi bir hipotezin sınanmasına engel oluşturmuştur.

Bu açıdan bakıldığında, bu bölgelerde, kamu kesiminin yanı sıra özel kesim sermaye birikiminin, beşerî sermaye birikiminin ve buna bağlı olarak istihdam imkânlarının artırılmasına yönelik tedbirlerin alınması; bununla birlikte, politik katılım ve politik temsiliyet önündeki engellerin kaldırılması terörizmle mücadelede etkili olabilecektir. Çünkü bölgelerin fiziki ve beşerî sermaye birikimine dayalı istihdam olanakları arttıkça ve politik temsiliyet önündeki engeller kaldırıldıkça, terör vb. şiddet kanallarına başvurma fırsat maliyeti artacağından mevcut sorunların demokratik platformlarda çözümüne yönelik girişimler artacak ve terör örgütlerinin ardındaki kitle desteği zayıflatılarak insan kaynağının önüne geçilebilecektir. Bu noktada, terörle mücadelenin yanı sıra terörizmle etkin mücadele edilebilmesi amacıyla, iktisadî temelli proaktif güvenlik önlemleri tartışılmalı ve devreye sokulmalıdır.

---

## References

### Books

- Gökbunar, A.R. and Ulasan, M.R. (2010). *Terör Ekonomisi*. İstanbul: Beta Yayıncılık.
- Gujarati, D. N. and Porter, D. C. (2012). *Basic Econometrics*. (Translator: Şenesen, Ü. and Şenesen, G.G.), İstanbul: Literatür Publications.
- Harris, R. and Sollis, R. (2003). *Applied Time Series Modeling and Forecasting*. Wiley.
- Hoffman, B. (1998). *Inside Terrorism*. New York: Columbia University Press.
- Laqueur, Walter (1987). *The Age of Terrorism*. Boston, Toronto: Little, Brown, and Company.
- Pesaran, M. H., Pesaran, B. (1997). *Working with Microfit 4.0: Interactive Econometric Analysis*. Oxford: Oxford University Press.
- Reinares, F. (2003). *Terrorism*. In Heitmeyer, W. and Hagan, J. (eds.) International Handbook of Violence Research, Dordrecht/Boston/London: Kluwer Academic Publisher.
- Ronczkowski, M. R. (2018). *Terrorism and Organized Hate Crime: Intelligence Gathering, Analysis, and Investigations*. New York: CRC Press Taylor & Francis Group.

### Articles

- Abadie, A. and Gardeazabal, J. (2008). Terrorism and the World Economy. *European Economic Review*, 52(1), 1–27.
- Akıncı, M., Akıncı G.Y. and Yılmaz Ö. (2015). Terörizmin Doğrudan ve Dolaylı Yatırımlar Üzerindeki Etkisi: DışYardımlar Ne Kadar TelafiEdici? *Ankara University Faculty of Social Sciences Journal*, 70(1), 1-33.
- Alguacil, M., Cuadros, A. and Orts, V. (2011). Inward FDI and Growth: The Role of Macroeconomic and Institutional Environment. *Journal of Policy Modeling*, 33(3), 481-496.
- Balasubramanyam, V.N., Salisu, M. and Sapsfort, D. (1996). Foreign Direct Investment and Growth in EP and is Countries. *The Economic Journal*. 106(434), 92-105.

- Bandyopadhyay, S., Sandler, T. and Younas, J. (2011). Foreign Direct Investment, Aid, and Terrorism: An Analysis of Developing Countries. *Federal Reserve Bank of St. Louis Working Paper*, No. 2011-004A
- Ben-David, D., Lumsdaine, R. L. and Papell, D. H. (2003). Unitroots, Postwar Slowdowns and Long-run Growth: Evidence from Two Structural Breaks. *Empirical Economics*, 28(2), 303-319.
- Berthélemy, J-C. and Démurger, S. (2000). Foreign Direct Investment and Economic Growth: Theory and Application To China. *Review of Development Economics*, 4(2), 140-155.
- Bezic, H., Galovic, T. and Misevic, P. (2016). The Impact of Terrorism on the FDI of the EU and EEA Countries. *Zb. Rad. Ekon.Fak.Rij.*,34(2), 333-362.
- Blomberg, S.B. and Mody, A. (2005). How Severely Does Violence Deter International Investment?. *Claremont Colleges Working Papers*, No. 2005-01.
- Choe, J.I. (2003). Do Foreign Direct Investment and Gross Domestic Investment Promote Economic Growth?. *Review of Development Economics*, 7(1), 44-57.
- Clemente, J., Montanes, A. and Reyes, M. (1998). Testing for a Unit Root in Variables with a Double Change in the Mean. *Economic Letters*, 2(59), 175-182.
- Cooper, H.H.A. (2001). Terrorism: The Problem of Definition Revisited. *American Behavioral Scientist*, 44(6), 881-893.
- Cuadros, A., Orts, V. and Alguacil, M. (2004). Openness and Growth: Re-examining Foreign Direct Investment, Trade and Output Linkages in Latin America. *Journal of Development Studies*, 40(4), 167-192.
- Çelik, N. (2014). *Kırılgan-Başarısız Devlet Olgusu ve Terörizm Açmazı (Sosyo İktisadi ve Politik Dinamikleri Dahilinde)*. Ege Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yayınlanmış Doktora Tezi, İzmir.
- Daniele, V. and Marani, U. (2011). Organized Crime, the Quality of Local Institutions and FDI in Italy: A Panel Data Analysis. *European Journal of Political Economy*, 27 (2011), 132–142.
- De Mello, L. R. (1997). Foreign Direct Investment in Developing Countries and Growth: A Selective Survey. *The Journal of Development Studies*, 34(1), 1-34.
- Enders, W. and Sandler, T. (1996). Terrorism and Foreign Direct Investment in Spain and Greece. *Kyklos*, 49(3), 331–352.

- Enders, W., Sachida, A. and Sandler, T. (2006). The Impact of Transnational Terrorism on US Foreign Direct Investment. *Political Research Quarterly*, 59 (4), 517–531.
- Filer, R.K. and Dragana, S. (2016). The Effect of Terrorist Incidents on Capital Flows. *Review of Development Economics*, 20(2), 502–513.
- Fine, J. (2010). Political and Philological Origins of the Term 'Terrorism' from the Ancient Near East to Our Times. *Middle Eastern Studies*, 46(2), 271-288.
- Iamsiraroj, S. and Ulubaşoğlu, M.A. (2015). Foreign Direct Investment and Economic Growth: A Real Relationship or Wishful Thinking?. *Economic Modelling*, 51, 200-213.
- Kang, S. J. and Lee, H. S. (2007). Terrorism and FDI Flows: Cross-Country Dynamic Panel Estimation. *Journal of Economic Theory and Econometrics*, 18(1), 57–77.
- Kinyanjui, S. (2014). The Impact of Terrorism on Foreign Direct Investment in Kenya. *International Journal of Business Administration*, 5(3), 148–157.
- Krueger, A. B. and Maleckova, J. (2002). Education, Poverty, Political Violence and Terrorism: Is There a Causal Connection?. *NBER Working Paper*, No. w9074.
- Omay, T., Takay A. and İlalan, B. (2011), The Effects of Terrorist Activities on Foreign Direct Investment: Nonlinear Evidence. *MPRA Working Paper*, No: 31015.
- Papanek, G. V. (1973). Aid, Foreign Private Investment, Savings and Growth in Less Developed Countries. *The Journal of Political Economy*. 81(1), 120-130.
- Pesaran, M.H. and Shin, Y. (1995). An Autoregressive Distributed Lag Modeling Approach to Cointegration Analysis. *Econometric Society Monographs*, 31, 371-413.
- Pesaran, H., Smith, R.P. (1998). Structural Analysis of Cointegrating VARs, *Journal of Economic Surveys*, 12(5), 471-505.
- Pesaran, M. H., Shin, Y. and Smith, R. J. (2001). Bounds Testing Approaches to the Analysis of Level Relationships. *Journal of Applied Econometrics*, 16(3), 289-326.
- Ramcharran, H. (1999). Foreign Direct Investment and Country Risk: Further Empirical Evidence. *Global Economic Review*, 28(3), 49-59.
- Rasheed, H. and Tahir, M. (2012). FDI and Terrorism: Co-Integration & Granger Causality, *International Affairs and Global Strategy*, 4;1-5.

- Saeed, A., Ding, Y., Hammoudeh, S. and Ahmad, I. (2018). Taxing Impact of Terrorism on Global Economic Openness of Developed and Developing Countries. *ActaOeconomica*, 68(3), 311–335.
- Sandler, T. and Enders, W. (2004). An Economic Perspective On Transnational Terrorism. *European Journal of Political Economy*, 20, 301-316.
- Schmid, A. (2004). Terrorism - the Definitional Problem. *Case Western Reserve Journal of International Law*, 36(2), 375-420.
- Schmid, A.P. (2005). Prevention of Terrorism: Towards a Multi-Pronged Approach. In Bjorgo Tore (ed.) *The Root Causes of Terrorism*. New York: Routledge.
- Schneider, F. and Frey, B. (1985). Economic and Political Determinants of Foreign Direct Investment. *World Development*, 13, 161–175.
- START (2019). Global Terrorism Database Codebook: Inclusion, Criteria and Variables. *Consortium for the Study of Terrorism and Responses to Terrorism*.
- Zakaria, M., Jun, W. and Ahmed, H. (2019). Effect of Terrorism on Economic Growth in Pakistan: An Empirical Analysis. *Economic Research-EkonomskaIstraživanja*, 32(1). 1794-1812.
- Zivot, E. and Andrews, D. W. K. (1992). Further Evidence on the Great Crash, the Oil-Price Shock, and the Unit Root Hypothesis. *Journal of Business & Economic Statistic*, 10(3), 251–270.



## **Hava Alıklı Elektro-Pnömatik Bir Sistemin Modellenmesi ve Simülasyonu**

O. Fatih ERCİS\* ve Ömer KELEŞ\*\*

### **Öz**

*Kontrol Tahrik Sistemleri (KTS), füzeleri veya güdümlü mühimmatları kontrol etmek için kullanılır. KTS'nin çoğu elektro-hidrolik veya elektro-mekanik servo eyleyicilere sahiptir. Bu makale, basınç kaynağı olmayan ucuz ve basit yapıya sahip (aç-kapa kontrol) bir elektro-pnömatik tahrik sisteminin katı modellenmesini ve simülasyonunu ele almaktadır. Bu yapıda hava, burundaki bir açıklıktan içeri girerek radyal orifisler sayesinde izole edilmiş iki hava odasına dolmaktadır. Hava odaları bu hacimler içerisinde oluşan basınçları manipüle etmek için değişken çıkış orifislerine sahiptir. Bu orifisler sayesinde odalar arasında bir basınç farkı yaratılır. Bu basınç farkı mühimmatın kontrol yüzeylerine bir şaft ile bağlı hava kanatçığı üzerinde net tork ve hareket oluşturur. Bahsedilen manipülasyon sayesinde kontrol yüzeyleri kontrol edilir. Manipülasyon Darbe Genişlik Modülasyonu (DGM) ile sürülen iki solenoid eyleyici tarafından sağlanır. Sistemin doğrusal olmayan matematiksel eşitlikleri literatür esas alınarak türetilmiştir. Kritik parametrelerin çıktılar üzerindeki etkisini anlamak ve 5 Hz'de frekans cevabını irdelemek için bir simülasyon modeli (Amesim) oluşturulmuştur. Radyal orifisin kanatçık açısı üzerindeki etkisi önemli bir parametredir. Dolayısıyla bu etki Şekil 13'te gösterilmiştir. Simülasyon sonuçlarında (Şekil 14) solenoidin kuvvet kapasitesi optimize (<3 N) edilmiştir. Dolayısıyla yüksek prototip sayısı ve işçilik maliyeti düşürülmüştür. Ayrıca, işleme operasyonlarının bazıları simülasyonlar yardımıyla tasarım ve imalat sürecinden kaldırılmıştır.*

**Anahtar Kelimeler:** *Pnömatik Eyleyiciler, Simülasyon, Hava Alığı, Akışkan Dinamiği, Modelleme.*

\* Mekatronik Tasarım Birimi, Roketsan A.Ş., Ankara, fatih.ercis@roketan.com.tr, ORCID: 0000-0002-6002-6849.

\*\* Prof. Dr., Gazi Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, omer@gazi.edu.tr, ORCID: 0000-0002-3480-3456.

## Simulation and Modelling of an Electro-Pneumatic System with Air Intake

### Abstract

*Control Actuation Systems (CAS) are used to control missile or guided munitions. Most of the actuation systems have electro-hydraulic or electro-mechanical servo actuators. This article presents simulation and solid modelling of a simple (on-off control) and low cost electro-pneumatic actuation system not requiring a pressure supply. In the system, air passes through a hole at nose and enters two isolated chambers via radial orifices. The chambers have variable outlet orifices to manipulate pressure in the volumes. A pressure difference is generated between the chambers by the orifices. The difference creates a net torque and it moves air vane connected to control surfaces of the missile. The control surfaces are controlled thanks to this manipulation. The manipulation is provided by two solenoid actuators which are driven by Pulse Width Modulation (PWM). Nonlinear mathematical equations of the actuation system are derived based on literature studies. A simulation model (Amesim) is also created to understand the effect of the critical parameters on outputs and investigate frequency response at 5 Hz. The effect of radial orifice is an important parameter on the air vane angle output. Therefore, the effect is also shown in simulations (Fig. 13). The solenoid's force capacity is optimized ( $<3\text{ N}$ ) in the simulation results (Fig. 14). Thus, the number of prototypes and labor cost are reduced. Besides, some machining operations are eliminated with the help of simulation results during design and manufacturing.*

**Keywords:** *Pneumatic Actuators, Simulation, Air Intake, Fluid Dynamics, Modelling.*

### Giriş

Füze ve güdümlü mühimmatlara ait aerodinamik kanat/kanatçık yönelimini sağlayan birimler kontrol tahrik sistemleridir. Literatürde genellikle elektro-mekanik, elektro-hidrolik, elektro-pnömatik ve bunların kombinasyonu (elektro-hidro-pnömatik gibi) servo Kontrol Tahrik Sistemleri (KTS) bulunmaktadır. Bu sistemler güç ve performans ihtiyaçlarına bağlı olarak mühimmatlara paketlenmektedir (Parker, 2011; Honeywell, 2019; Thayer, 1988).



Ne var ki, servo KTS'lere ait tasarımlarda kullanılan yüksek maliyetli alt bileşenlerin üretiminde ve tedarikinde zorluklar yaşanmaktadır. Servo valf, servo motor, motor sürücü, kontrolcü vb. gibi tedarik ve üretim zorluğuna sahip parçalar savunma sanayinde ciddi maliyet/problem yaratmaktadır. Bunun yanı sıra küçük çaplarda bu alt sistemlerin paketlenmesi oldukça zorlaşmakta veya paketlenmeleri mümkün olmamaktadır (Moog, 2018; Qiao vd., 2018).

Servo elektro-mekanik KTS'ler yaygın bir biçimde çok çeşitli güdümlü mühimmatlarda bulunmaktadır. Özellikle fırçasız motorları sürmek için karmaşık elektronik donanımlara ihtiyaç vardır. Üretimi ve tedariki kısıtlı olan bilyalı vida, fırçasız motor ve sürücü kartı gibi alt bileşenler problem yaratmaktadır. Elektro-mekanik KTS'lerin elektro-manyetik girişim yaratması da bir diğer sorundur (Davis, 1984; Zhou vd., 2018; Qiao, vd., 2018).

Yüksek güç ihtiyacı olduğunda genellikle servo elektro-hidrolik KTS'ler tercih edilmektedir. Yüksek güç aralığında servo elektro-hidrolik KTS'ler elektro-mekanik yapılara göre daha hafif ve daha küçük boyutlara sahip olabilmektedirler. Elektro-mekanik sistemlere kıyasla daha basit elektronik devreler gerektirmektedirler. Ancak hidrolik eyleyicilerde servo valf yüksek maliyete sahiptir ve ayrıca hassas üretim teknolojileri gerektirmektedir. Hidrolik akışkanın kirlilik seviyesinin belirli bir düzeyin altında tutulması da dezavantaj (ince örgülü filtre, basınç düşümü vb.) olarak karşımıza çıkmaktadır (Thayer, 1988).

Literatürde pnömatik servo valf ve oransal valf tasarımları bulunsa da yüksek maliyet ve gazın sıkıştırılabilirliği sebebiyle bu valfler savunma sanayinde nadir olarak tercih edilmektedir (Krivts, 2004; Richer ve Hurmuzlu, 2000). Servo kontrollü elektro-pnömatik eyleyiciler yoğunlukla taktik füze sistemlerinde kullanılmaktadır. Bu eyleyicilerin birim maliyetleri genellikle elektro-mekanik ve elektro-hidrolik eyleyicilere oranla daha düşük düzeydedir. Ancak belirli bir çaptaki mühimmat için elektro-pnömatik eyleyicilerde üretilen güç, bahsedilen diğer iki eyleyici mimarisine kıyasla daha düşük mertebede kalmaktadır. Ayrıca akışkan gazın yüksek oranda sıkıştırılabilir olması dinamik performansta sorunlar yaratmaktadır. Söz konusu yüksek sıkıştırılabilirlik statik doğruluğu da kötü yönde etkilemektedir. Eyleyici hareketi esnasında, büyük basınç dalgalanmalarının sistemin rijitliğinde değişiklik yaratması diğer bir problemdir (Thayer, 1988).

Özellikle küçük çaplardaki mühimmatlarda (çap: 107-155mm) KTS birimlerine ait alt komponent maliyetlerinin (servo motor, sürücü, bilyalı vida, servo

valf vb.) yüksek olması ve alt sistemlerin tedarikinin - üretiminin zor olması bu yönelim birimlerine alternatif bulma ihtiyacını doğurmuştur.

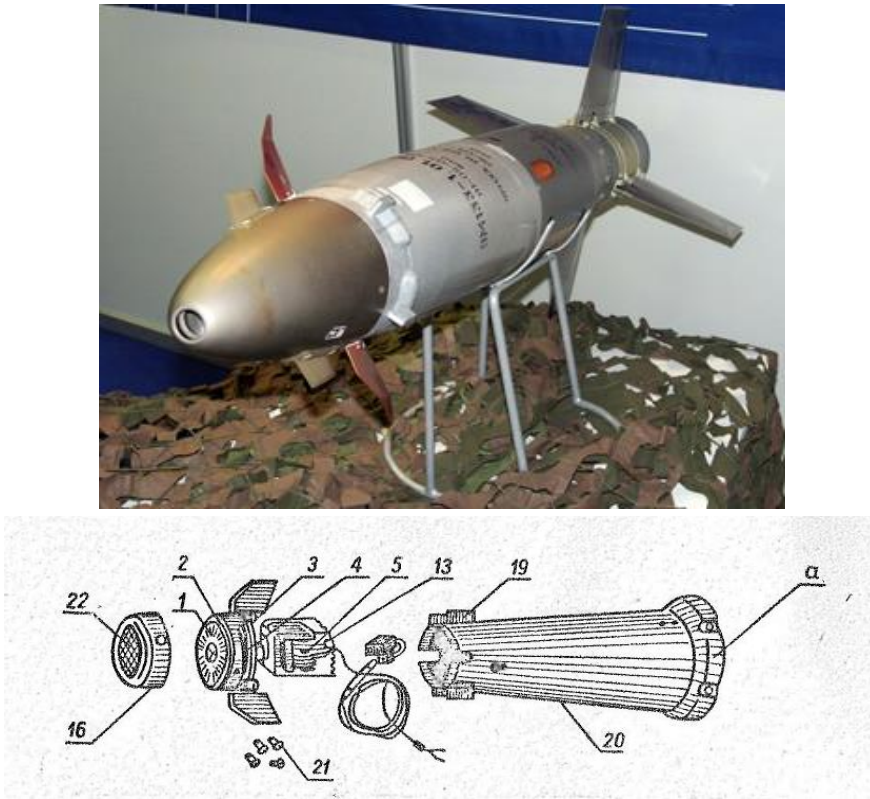
Bu çalışmada ana motivasyon ucuz, üretimi kolay ve basit yapıda kontrol tahrik sistemi geliştirmek ve KTS'ye ait dinamik performansı irdelemektir. Bu amaçla literatür çalışmalarında basit yapıdaki elektro-pnömatik tahrik mekanizmaları veya kitleri temel alınmıştır. Bu sayede füzelerin yönelim performansından bir miktar ödün verilse dahi kompakt (füze/roket gövdesine kit halinde takılarak) ve operasyonel yeteneği yüksek olan mühimmatlar elde edilecektir.

Ucuz ve basit yapıda olmaları nedeniyle, aç-kapa solenoidlerle füze kanadının pozisyon kontrolü popülerliğini giderek artırmaktadır. Literatürdeki bir yayında servo kontrollü elektro-pnömatik KTS'den bahsedilmiştir. Ancak bu yayındaki KTS, konvansiyonel servo sistemlerden farklı olarak servo valf veya oransal valf barındırmamaktadır. Servo valf/oransal valf yerine iki adet aç-kapa solenoid valften yararlanılarak pozisyon kontrolü yapılmaktadır. Kapalı çevrim pozisyon kontrolünü sağlamak için Darbe Genişlik Modülasyonu (DGM) kullanılmıştır. DGM, tahrik sistemine ait enerji rezervuardaki basınçlı gaz ile sağlanmaktadır (Gade ve Mangrulkar, 2018; Abd-Altief vd., 2006; Cobham, 2009).

Servo KTS'lere alternatif olması amacıyla daha ucuz maliyetli ve basit yapıdaki güdüm kitleri geliştirilmiştir. Bu güdüm kitlerinden biri, Orbital ATK firması tarafından geliştirilmiştir ve bu kit faal olarak kullanılmaktadır. Güdüm kitine ait burun üzerinde dört adet kanatçık bulunmaktadır. Mühimmat fırlatıldıktan sonra zıt yönde kıvrık olan iki kanatçık burunda yuvarlanma momenti yaratmaktadır. Dönmeye başlayan bağımsız burun gövdesi fren komutu geldiği anda durdurulmaktadır. Böylece burundaki aynı yönde kıvrık diğer iki kanatçık sayesinde mühimmata manevra (durdurulan açığa bağlı olarak) sağlanmaktadır (Orbital ATK, 2015).

U.S Patent No. 20,100,237,185A1 (2010) nolu elektro-pnömatik eyleyiciye sahip bir patent çalışmasında, mühimmatın üzerinden akan hava, burun kısmındaki açıklıktan geçerek radyal bir çıkışı olan rotoru döndürmekte ve böylece içeri alınan hava rotor üzerinden radyal olarak tahliye edilmektedir. Rotorun pozisyonu bir fren veya motor vasıtasıyla kontrol edilmektedir. Rotor istenen manevra yönünün ters konumundayken (180°) frenlenerek mühimmat üzerinde reaksiyon kuvveti yaratılmaktadır (U.S Patent No. 20,100,237,185A1, 2010).

Şekil 1’de gösterilen anti-tank Kornet Füzesi’nin burun kısmında bir delik bulunmaktadır. Bu delik sayesinde içeri alınan hava, elektro-manyetik anahtarların (solenoid) açılıp kapanması ile bir aerodinamik kanadı hareket ettirmektedir. Bu sayede füzenin yönlendirilmesi sağlanmaktadır. Füzeyle ilgili bilgiler gizli tutulduğu için literatürde fazla bilgi bulunmamaktadır (MBT, 2012; Armed Conflicts, 2010; Laodong, 2014).

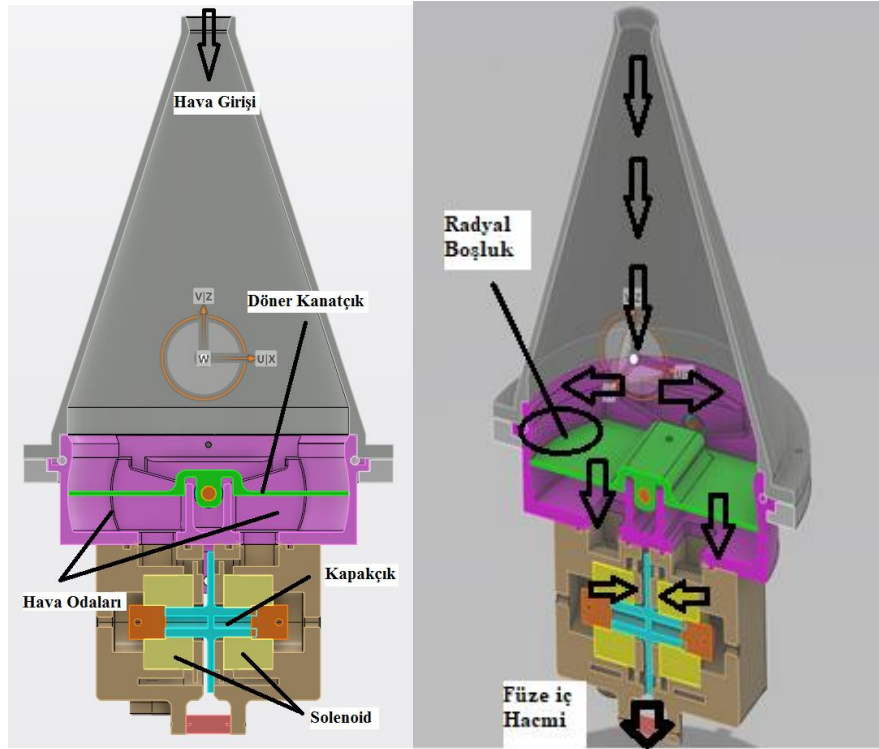


Şekil 1. Kornet Füzesi (MBT, 2012; Armed Conflicts, 2010)

Literatür çalışmalarının sonunda, MBT (2012) kaynağında bahsedilen, basınç kaynağı esası olmayan anti-tank füzesinden esinlenilerek tasarım ve modelleme çalışmalarının yapılmasına karar verilmiştir.

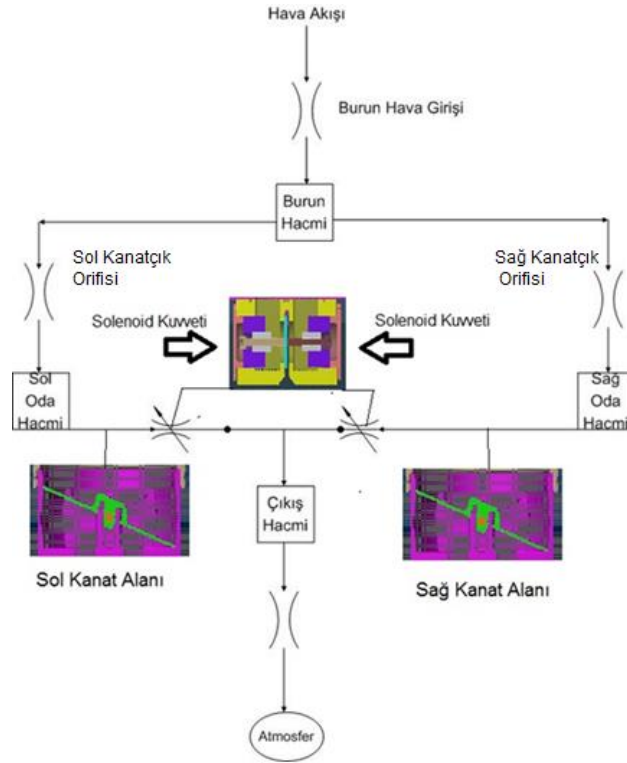
### Elektro-Pnömatik Sistem Tasarımı

Tasarlanan elektro-pnömatik tahrik sisteminde, burun kısmında bir açıklık bulunmakta ve bu açıklıktan giren hava birbirinden yalıtılmış iki odaya dolmaktadır. Bu odaların hava çıkışlarını kontrol eden birer solenoid eyleyici bulunmaktadır. Solenoidler odalar arasında basınç farkı oluşturarak mühimmata kanatçık ekseninde tork oluşturmakta ve bu sayede mühimmata güdüm kabiliyeti kazandırılmaktadır. Şekil 2’de Bilgisayar Destekli Tasarım (BDT) ile katı model tasarımı yapılan mekanizmanın kesit görüntüleri verilmiştir. Burun kısmında bulunan açıklık en yüksek miktarda hava debisini geçirecek şekilde tasarlanmalıdır. Ancak burun giriş tasarımı bu makalenin çalışma konusu değildir.



Şekil 2. Katı Model Tasarımı Yapılan Elektro-Pnömatik Hava Alıklı Kontrol Tahrik Sistemi

Şekil 2’de hava KTS’ye burun kısmından girerek sol ve sağdaki odalara radyal boşluktan (orifis) geçerek dolmaktadır. Bu odalar döner kanatçık parçası ile birbirinden yalıtılmıştır. Hava odalarının çıkışı ortak bir orifis ile birleşerek füze iç hacmine transfer olmaktadır. Füze iç hacmine giren hava, füze içerisinden çıkış orifisi ile dışarı atılmaktadır. Bu sayede füzenin burnundan giren hava sürekli olarak füze içinde akmakta ve füze üzerinde yarattığı sürüklenme kuvveti düşmektedir. Hava tahliyesinin kesilmesi durumunda döner kanatçık tek bir yöne dayanacak ve mekanizma çalışmaz hale gelecektir. Kanatçığın aç-kapa kontrolü (on-off control) gerektiğinde sol veya sağ odadan biri solenoid ile kapatılmaktadır. Bu durumda çıkışı kapatılan odanın dinamik basıncı statik basınca dönüşmekte, diğer odanın basıncı ise akışkan kolay yoldan akmaya devam ettiği için düşük statik basınç seviyesinde kalmaktadır. Hava akışına ilişkin gösterim oluşturulduğunda Şekil 3’teki akış devresi ortaya çıkmaktadır.

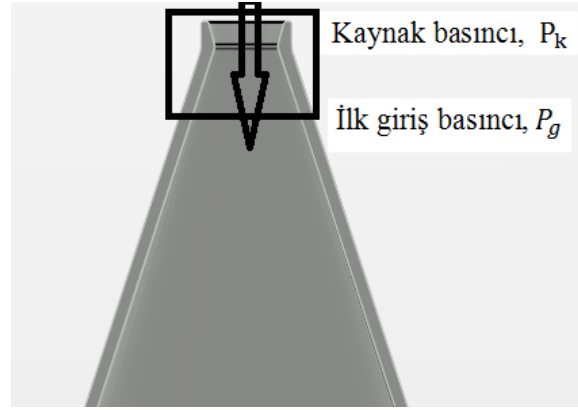


**Şekil 3.** Hava Akış Devresinin Şematik Gösterimi

### Matematiksel Eşitlikler

Sistem mimarisi oluşturulan aç-kapa elektro-pnömatik eyleyicinin matematiksel eşitlikleri; literatürde yer alan benzer çalışmalar esas alarak havanın aktığı hat üzerindeki elemanlar için türetilmiştir.

Şekil 4'te gösterildiği gibi, hava füzeye ilk olarak bir açıklıktan (orifisten) geçerek girmektedir. Füzenin 0,8 Mach<sup>1</sup> (272 m/s) değerinde uçtuğu ve sistemin izentropik olduğu kabul edilerek orifisten giren havanın kütleli debisi ( $\dot{m}$ ) (1) nolu eşitlikte verilmiştir (Richardson vd., 2006).



Şekil 4. Burun İlk Giriş Orifisinin Gösterimi

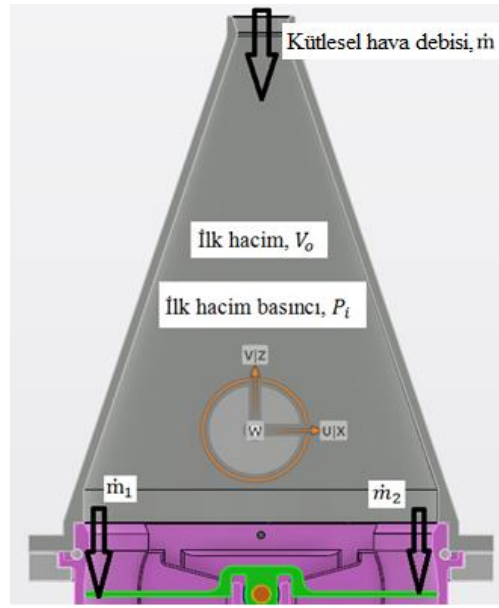
$$\dot{m} = C_{fg} * A_g * C_m * \frac{P_k}{\sqrt{T}} \quad (1)$$

(1) nolu eşitlikteki  $C_m$  değeri,  $P_{cr}$ 'nin iki farklı değeri için aşağıdaki gibi dikkate alınır.

$$C_m = \begin{cases} \sqrt{\frac{2k}{R(k-1)}} \sqrt{\left(\frac{P_g}{P_k}\right)^{\frac{2}{k}} - \left(\frac{P_g}{P_k}\right)^{\frac{k+1}{k}}, \left(\frac{P_g}{P_k}\right) > P_{cr}} \\ \sqrt{\frac{2k}{R(k+1)}} \left(\frac{2}{k+1}\right)^{\frac{1}{k-1}}, \left(\frac{P_g}{P_k}\right) \leq P_{cr} \end{cases} \quad (2)$$

1: Mach havacılık ve savunma sanayinde kullanılan hız birimidir. Mach sayısı olarak ifade edilen boyutsuz hız birimi, uçan bir cismin sesin gerçek hızına oranıdır. Örneğin; deniz seviyesinde, 1 atmosfer basıncında ve 15°C hava sıcaklığında 1 Mach 340 m/s veya 1224 km/saat'dir. (Nasa, 2015; Mühendisbeyinler, 2019).

Bu eşitlikte;  $\dot{m}$ : burundan giren kütleli hava debisi,  $C_m$ : burun kütleli debi katsayısı,  $C_{fg}$ : giriş orifis boyutsal akış katsayısı,  $A_g$ : giriş orifis alanı,  $k$ : özgül ısı oranı,  $R$ : ideal gaz sabiti,  $T$ : giriş gaz sıcaklığı,  $P_{cr}$ : kritik basınç oranı (0,528),  $P_k$ : kaynak basıncı ve  $P_g$  ise giriş oda basıncı olarak temsil edilmektedir. Hava sıcaklığı ( $T$ ) 300K iken, havaya ait özgül ısı oranı ( $k$ ) 1,401, ideal gaz sabiti ( $R$ ) 287 J/kgK'dir (Hejrati, Najafi, 2012; Kamari vd., 2014; Durham, 2001).



Şekil 5. İlk Burun Hacminin Gösterimi

Burun ilk orifisinden geçen hava, Şekil 5'te gösterildiği gibi burun içinde bulunan ilk hacme ( $V_0$ ) dolmaktadır. Dolan havanın ideal gaz olduğu, hacmin homojen olduğu, kinetik ve potansiyel enerjilerin ise önemsiz olduğu ve gövdeden kaçığının olmadığı kabul edilir ve kütle ile enerji korunumu kanununa göre eşitlikler yazılırsa; (Hejrati ve Najafi, 2012; Dihovicni ve Medenica, 2011).

$$\dot{q}_{in} - \dot{q}_{out} - \dot{W}_{CV} = kC_v(\dot{m}_1T_1 + \dot{m}_2T_2 - \dot{m}T) + \dot{U} \quad (3)$$

eşitliği elde edilir. Burada;  $\dot{q}_{in}$ ,  $\dot{q}_{out}$ : ısı transfer oranlarını,  $\dot{W}_{CV}$  ( $\dot{W}_{CV} = P_i\dot{V}_0$ ): kontrol hacminde yapılan işin değişimini,  $\dot{V}_0$ : ilk hacim değişimini,  $P_i$ : ilk hacme ait

basıncı,  $C_v$ : sabit hacimdeki özgül ısı katsayısının<sup>2</sup>,  $\dot{m}_1$ : kanatçığın sol radyal boşluğundan sol odaya geçen kütleli debiyi,  $\dot{m}_2$ : kanatçığın sağ radyal boşluğundan sağ odaya geçen kütleli debiyi,  $T_1, T_2$ : sırasıyla bahsedilen kütleli debilere ait sıcaklıkları,  $\dot{U}$ : iç enerjinin değişimini göstermektedir.

İlk hacimde oluşan basıncın değişimi ( $\dot{P}_i$ ), gerekli düzenlemeler ( $V_o = \text{Sabit}$ ,  $T = T_1 = T_2$ ) yapıldığında (4) nolu eşitlik elde edilir (Krivts, 2004).

$$\dot{P}_i = \frac{kRT}{V_o}(\dot{m} - \dot{m}_1 - \dot{m}_2) \quad (4)$$

İlk hacimden geçen hava, kanatçığın sol-sağ tarafındaki radyal boşluktan geçerek sol ve sağ odalara dağılmakta ve akan hacmin bir kısmı alt kademede bulunan kapakçıktan (Şekil 2) radyal olarak dışarı çıkmaktadır. (1) nolu eşitlikten yararlanılarak benzer şekilde (5) ve (7) nolu eşitlik elde edilir (Richardson, vd., 2006).

$$\dot{m}_1 = C_{fr} * A_r * C_{mr2} * \frac{P_i}{\sqrt{T}} \quad (5)$$

$$C_{mr2} = \begin{cases} \sqrt{\frac{2k}{R(k-1)}} \sqrt{\left(\frac{P_2}{P_i}\right)^{\frac{2}{k}} - \left(\frac{P_2}{P_i}\right)^{\frac{k+1}{k}}, \left(\frac{P_2}{P_i}\right) > P_{cr}} \\ \sqrt{\frac{2k}{R(k+1)}} \left(\frac{2}{k+1}\right)^{\frac{1}{k-1}}, \left(\frac{P_2}{P_i}\right) \leq P_{cr} \end{cases} \quad (6)$$

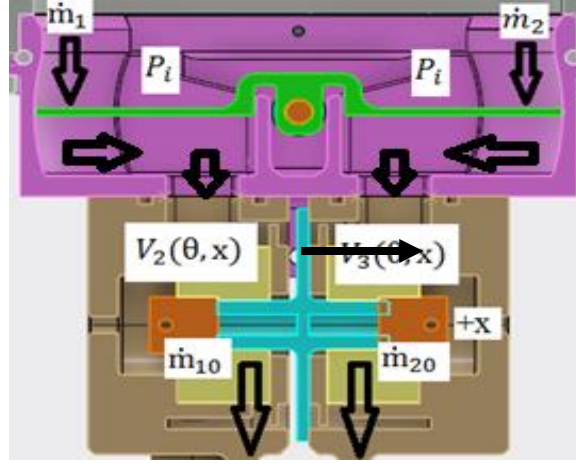
$$\dot{m}_2 = C_{fr} * A_r * C_{mr3} * \frac{P_i}{\sqrt{T}} \quad (7)$$

$$C_{mr3} = \begin{cases} \sqrt{\frac{2k}{R(k-1)}} \sqrt{\left(\frac{P_3}{P_i}\right)^{\frac{2}{k}} - \left(\frac{P_3}{P_i}\right)^{\frac{k+1}{k}}, \left(\frac{P_3}{P_i}\right) > P_{cr}} \\ \sqrt{\frac{2k}{R(k+1)}} \left(\frac{2}{k+1}\right)^{\frac{1}{k-1}}, \left(\frac{P_3}{P_i}\right) \leq P_{cr} \end{cases} \quad (8)$$

Eşitliklerde;  $C_{fr}$ : Radyal orifis boyutsal akış katsayısını,  $A_r$ : radyal orifis alanı,  $C_{mr2}, C_{mr3}$ : sırasıyla sol ve sağ odaya dolan kütleli debi ( $\dot{m}_1, \dot{m}_2$ ) katsayılarını,  $P_2, P_3$ : sırasıyla sol ve sağ odalara ait basınçları ifade etmektedir.

2: 300 K'de ve sabit hacimdeki özgül ısı katsayısı 1,005 kJ/kgK'dir.





Şekil 6. Oda Hacimlerinin Gösterimi

Kanatçık altında kalan iki oda için benzer olarak (3) nolu eşitlik kullanılırsa (9) ve (10) nolu eşitlikler elde edilir (Krivts, 2004).

$$\dot{P}_2 = \frac{kRT}{V_2} (\dot{m}_1 - \dot{m}_{10}) - \frac{kP_2}{V_2} \dot{V}_2 \quad (9)$$

$$\dot{P}_3 = \frac{kRT}{V_3} (\dot{m}_2 - \dot{m}_{20}) - \frac{kP_3}{V_3} \dot{V}_3 \quad (10)$$

Burada  $\dot{P}_2, \dot{P}_3$ : sırasıyla sol ve sağ odalara ait basınç değişimini,  $V_2, V_3$ : kanatçık açısına bağlı olarak değişen sol ve sağ oda hacimlerini,  $\dot{V}_2, \dot{V}_3$ : bahsedilen odaların hacim değişimini,  $\theta$ : kanatçık açısını,  $\dot{\theta}$ : kanatçık açısı hızını,  $\dot{m}_{10}, \dot{m}_{20}$ : sol ve sağ odadan füze içi hacmine ( $V_f$ ) çıkan kütleli debileri ifade etmektedir. (11) nolu eşitlikte yer alan  $V_{20}, V_{30}$ : sırasıyla sol ve sağ odalara ait ilk hacimleri belirtmektedir.

$$V_2 = V_{20} \pm \frac{4}{3} \pi r^3 \frac{\theta}{360}, V_3 = V_{30} \pm \frac{4}{3} \pi r^3 \frac{\theta}{360}, \dot{V}_2 = \dot{V}_3 = \frac{4}{3} \pi r^3 \frac{\dot{\theta}}{360} \quad (11)$$

Oda hacimlerinden kısmen veya tamamen debinin bir kısmı kapakçıklardan radyal olarak füze içindeki hacme çıkmaktadır. Şekil 6'daki kapakçığın sol ve sağ tarafından çıkan havaya ait kütleli debi eşitlikleri (1) nolu eşitlik ile kurulursa (12)

ve (14) nolu eşitlikler elde edilir. Kapakçık için akış katsayılarının ( $C_{fk}$ ) ve kapakçık radyal orifis çaplarının eşit olduğu varsayılmıştır (Richardson, 2006).

$$\dot{m}_{10} = C_{fk} * W * (x_o \pm x) * C_{mk1} * \frac{P_2}{\sqrt{T}} \quad (12)$$

$$C_{mk1} = \begin{cases} \sqrt{\frac{2k}{R(k-1)}} \sqrt{\left(\frac{P_f}{P_2}\right)^{\frac{2}{k}} - \left(\frac{P_f}{P_2}\right)^{\frac{k+1}{k}}, \left(\frac{P_f}{P_2}\right) > P_{cr}} \\ \sqrt{\frac{2k}{R(k+1)}} \left(\frac{2}{k+1}\right)^{\frac{1}{k-1}}, \left(\frac{P_f}{P_2}\right) \leq P_{cr} \end{cases} \quad (13)$$

$$\dot{m}_{20} = C_{fk} * W * (x_o \pm x) * C_{mk2} * \frac{P_3}{\sqrt{T}} \quad (14)$$

$$C_{mk2} = \begin{cases} \sqrt{\frac{2k}{R(k-1)}} \sqrt{\left(\frac{P_f}{P_3}\right)^{\frac{2}{k}} - \left(\frac{P_f}{P_3}\right)^{\frac{k+1}{k}}, \left(\frac{P_f}{P_3}\right) > P_{cr}} \\ \sqrt{\frac{2k}{R(k+1)}} \left(\frac{2}{k+1}\right)^{\frac{1}{k-1}}, \left(\frac{P_f}{P_3}\right) \leq P_{cr} \end{cases} \quad (15)$$

Türetilen eşitliklerde;  $C_{fk}$ : kapakçık ile füze hacmi arasındaki orifise ait boyutsal akış katsayısını,  $W$ : kapakçığın radyal orifis çevresini,  $x_o$ : kapakçık sıfır pozisyonunu,  $C_{mk1}, C_{mk2}$ : sol ve sağ odalardan füze hacmine akan kütleli debi katsayısını,  $x$ : kapakçık yer değiştirmesini,  $P_f$ : füze içi boşluğun basıncını göstermektedir. Füze içi basıncı ( $P_f$ ) atmosfer basıncına yakın ve sabit olarak kabul edilebilir ( $\sim 1\text{atm}$ ).

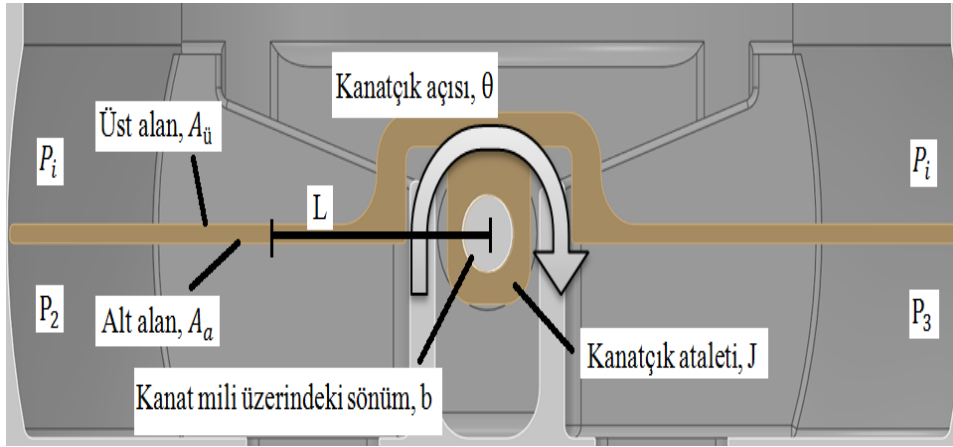
(9) ve (10) nolu eşitliklerin içine (5), (7), (11), (12), (14) numaralı eşitlikler yazılırsa (16) ve (17) numaralı eşitlikler elde edilir.

$$\dot{P}_2 = \frac{kRT}{V_{20 \pm \frac{4}{3}\pi r^3 \frac{\theta}{360}}} \left( C_{fr} A_r C_{mr2} \frac{P_i}{\sqrt{T}} - C_{fk} W (x_o \pm x) C_{mk1} \frac{P_2}{\sqrt{T}} \right) - \frac{kP_2}{V_{20 \pm \frac{4}{3}\pi r^3 \frac{\theta}{360}}} \left( \frac{4}{3} \pi r^3 \frac{\dot{\theta}}{360} \right) \quad (16)$$

$$\dot{P}_3 = \frac{kRT}{V_{30 \pm \frac{4}{3}\pi r^3 \frac{\theta}{360}}} \left( C_{fr} A_r C_{mr3} \frac{P_i}{\sqrt{T}} - C_{fk} W (x_o \pm x) C_{mk2} \frac{P_3}{\sqrt{T}} \right) - \frac{kP_3}{V_{30 \pm \frac{4}{3}\pi r^3 \frac{\theta}{360}}} \left( \frac{4}{3} \pi r^3 \frac{\dot{\theta}}{360} \right) \quad (17)$$

(16) ve (17) numaralı eşitlikler incelendiğinde, bu eşitliklerin lineer özellikte olmadığı gözlenmektedir.  $P_2$ ,  $P_3$  oda basınçlarını çözümlmek teorik yöntemlerle mümkün olmamaktadır. Lineer olmayan bu eşitlikler sayısal yöntemlerle çözülebilir. Bu çalışmada, simülasyon yardımı ile bu eşitliklerde yer alan bazı parametrelerin çıktılara olan dinamik etkisi incelenmiştir.

Akış eşitlikleri çıkartılan elektro-pnömatik mekanizmanın ayrıca hareket eşitlikleri kapakçık ve kanatçık için ayrı ayrı yazılarak elde edilmiştir.

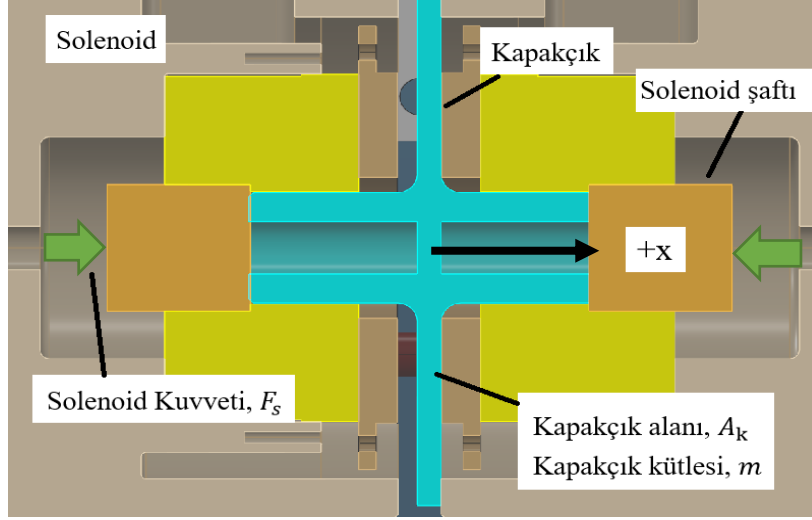


Şekil 7. Kanatçık Üzerine Etkiyen Dış Kuvvetler

Şekil 7'ye göre kanadın üstüne etki eden basınçları ve kanatçık alt yüzeyine ait basınç etkime mesafeleri ( $L_1=L_2=L$ ) eşit kabul edilerek kanatçık için hareket eşitliği yazılırsa (18) nolu eşitlik elde edilir.

$$J\ddot{\theta} + b\dot{\theta} = L * A_a * (P_2(\theta, x) - P_3(\theta, x)) \quad (18)$$

Şekil 8'e göre kapakçık için sürtünmenin önemsiz olduğu kabul edilerek kapakçık için hareket eşitliği yazılırsa (19) numaralı eşitlik türetilir.



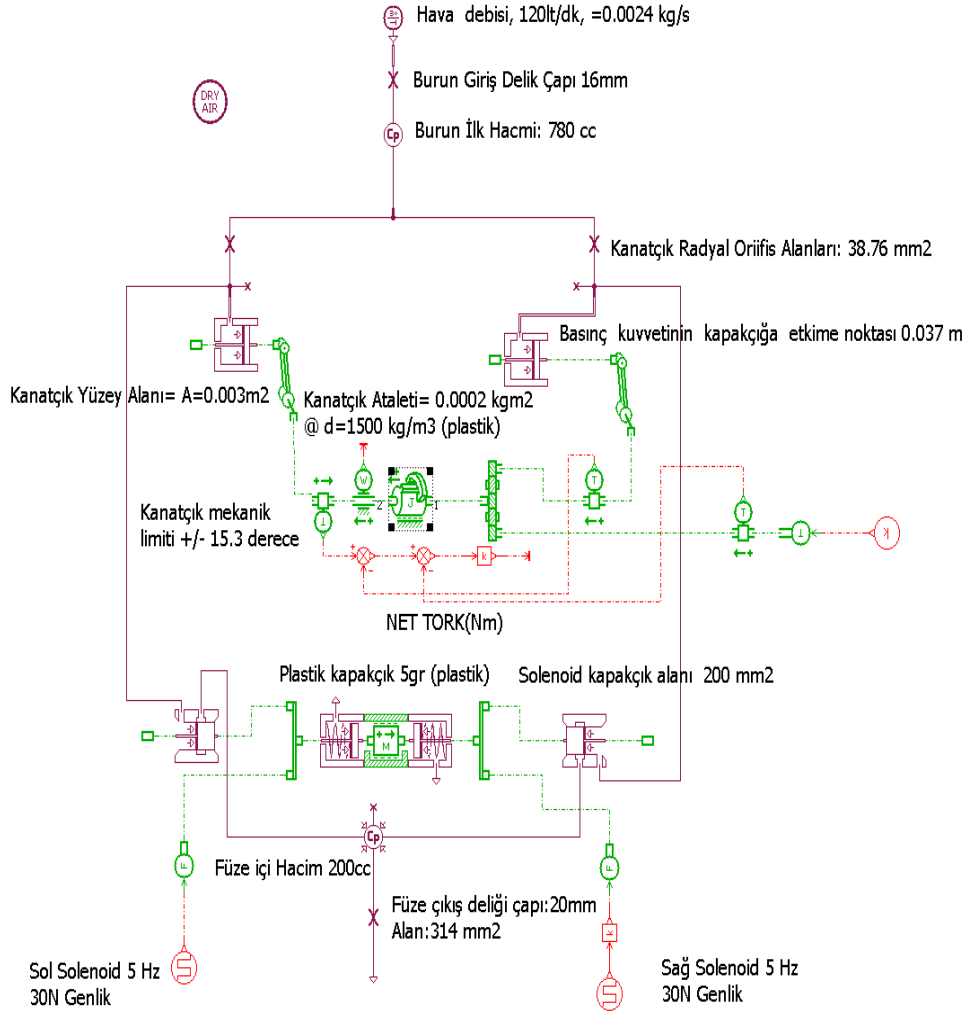
**Şekil 8.** Kapakçık Üzerine Etkiyen Dış Kuvvetler

$$m\ddot{x} + kx = \pm F_s + A_k(P_2(\theta, x) - P_3(\theta, x)) \quad (19)$$

### Dinamik Sistem Modellemesi ve Simülasyonu

Bir önceki bölümde türetilen akış eşitliklerinin teorik olarak çözülemeyen lineer olmayan eşitliklere sahip olması ve sistemdeki parametrelerin etkilerinin kolay anlaşılabilmesi amacıyla Amesim<sup>3</sup> yazılımı kullanılarak iki boyutlu (düzlemsel) modelleme ve simülasyon çalışmaları yapılmıştır. Alt birimlerin birleştirilmesiyle oluşturulan Amesim modeli Şekil 9'da gösterilmiştir.

3: Amesim yazılımı farklı alanlardaki fiziksel sistemlerin tek bir yazılım altında modellenmesini sağlayan bir simülasyon aracıdır. Farklı fiziksel alanlara ait elemanları bağ grafiği (Bond Graph) teorisini kullanarak birbiri ile etkileşim halinde çözebilmektedir (Analizsimülasyon, 2016).



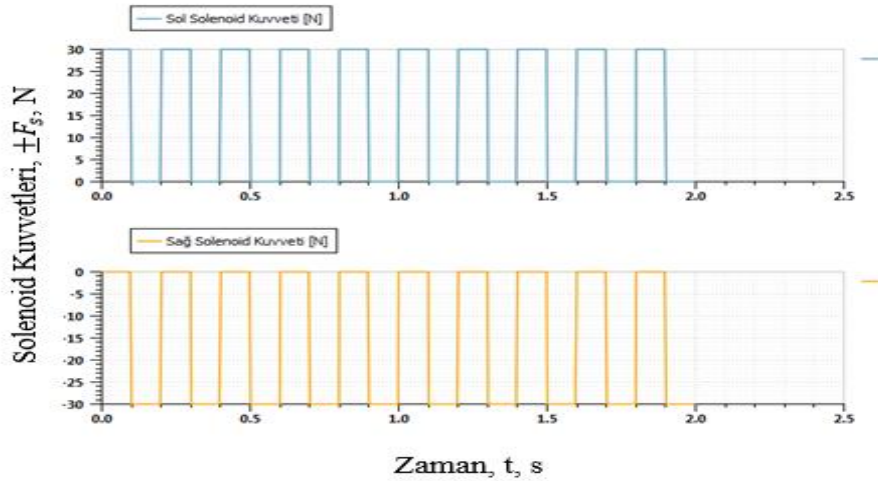
**Şekil 9.** Hava Alıklı KTS Amesim Komple Modeli

Amesim modelinde sisteme girdi olarak; üretilecek olan prototipi kolay test edebilmek için regüle edilmiş fabrika havasına ait debi (0,0024 kg/s) ve mevcutta stoğu olan bir solenoid (30 N) seçilmiştir. Burun giriş delik çapı 16 mm olarak seçilmiştir ancak mühimmat boyutuna bağlı olarak değişiklik gösterecektir. Ancak delik çapının büyümesiyle sürüklenme kuvveti de artacaktır. İlk hacim değeri Şekil 5'teki katı model üzerinden ölçülmüştür. Kanatçık radyal boşluğunun ilk değeri

0,1 mm olarak varsayılmıştır. Buna karşılık gelen her bir radyal alan  $38,76 \text{ mm}^2$ 'dir. Kanatçığa plastik malzeme atanarak, sol ve sağ odanın etkidiği simetrik kanatçık yüzey alanları ve kanatçık ataleti katı modelden hesaplatılmıştır. Basıncın kanatçığa etkiye noktası geometrik merkez olarak kabul edilmiştir. Kanatçığa ait mekanik açı limitleri benzer mühimmatlarla kıyaslanarak  $\pm 15,3^\circ$  olarak belirlenmiştir. Kapakçık malzemesi hafif olması maksadıyla plastik seçilmiştir. Kapakçık çıkış alanı ( $W * (x_o \pm x)$ ) çevre ölçüsü ( $W$ ) ve solenoid yer değiştirmesi ( $x$ ) ile sınırlandırılmaktadır. Solenoid yer değiştirmesi katalog verilerine bağlı olarak  $\pm 1 \text{ mm}$  ile sınırlandırılmaktadır. Füze çıkış orifisi, burun giriş orifisinden büyük olacak şekilde (çapta 20 mm) modele girilmiştir. Füze içi hacmin, atmosfer basıncına yakın olması sebebiyle füze içi hacminin performansa çok etkisi olmayacağı düşünülmektedir. Bu sebeple füze içi hacmi 200 cc (0,2l) olarak varsayılmıştır.

Sol veya sağ solenoidlerden biri çalışırken diğesinin enerjisiz kalması gerekmektedir. Bu sebeple iki solenoidi besleyen elektrik voltajının  $180^\circ$  faz farkı ile verilmesi gerekmektedir. Bu sayede, solenoid kuvvetleri birbirleriyle çakışmadan sırasıyla kapakçığa aktarılacaktır. Amesim modelinde solenoid kuvvetleri DGM ile beslenmiştir. KTS'nin en az 5 Hz'de çalışabilmesi hedeflendiği için DGM (sabit %50 çalışma oranı) frekansı 5 Hz olarak simülasyona girilmiştir.

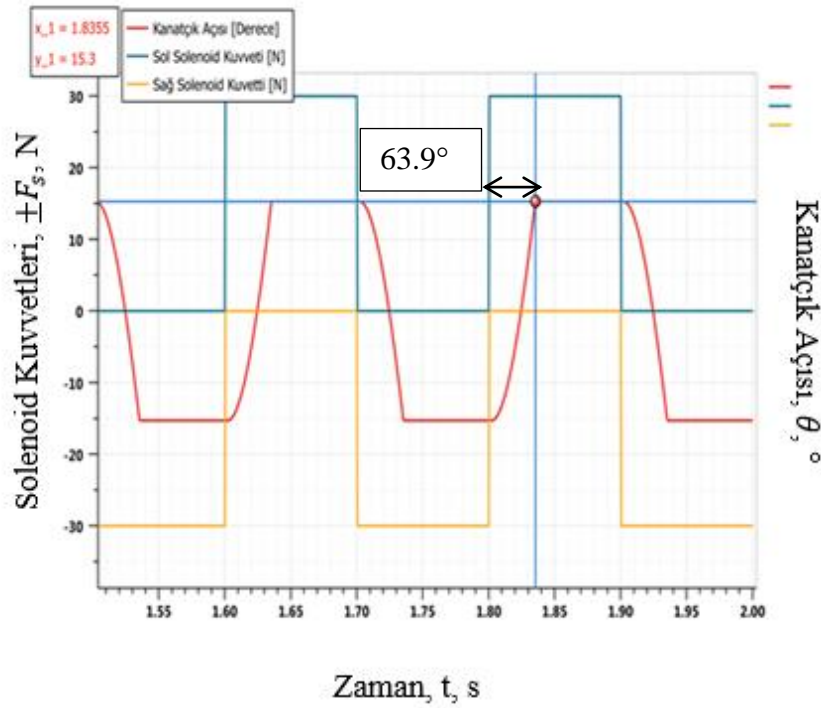
Simülasyona ait çözücünün örnekleme zamanı en az 1000 Hz'lik veriyi yakalayabilecek şekilde seçilmiştir. Simülasyon sonucu elde edilen solenoid girdi grafiği Şekil 10'da verilmiştir.



Şekil 10. Sisteme Verilen Solenoid Kuvvet Girdisinin Grafiği

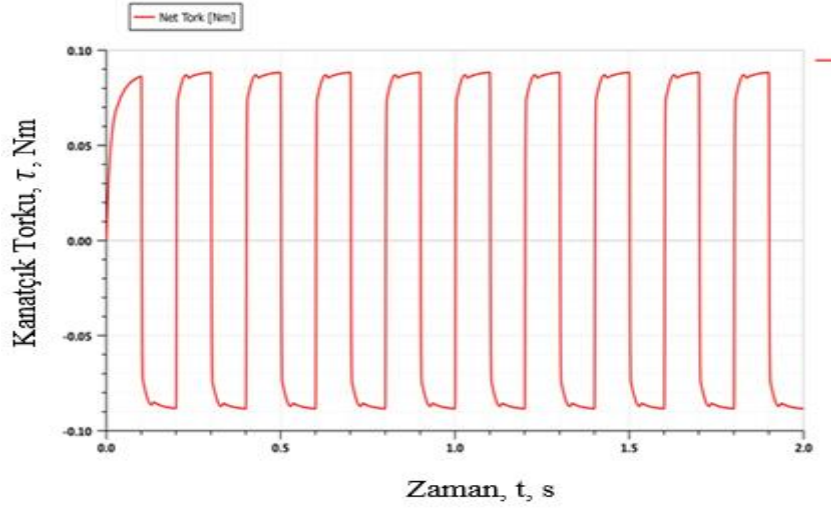
Burun hava debisi ve solenoid kuvvetlerine karşılık çıktı olarak kanatçık açısı ( $\theta$ ) ve kanatçık torku ( $\tau$ ) elde edilmektedir.

Modellemede sistem girdileri olarak burundan 120 l/dk (0,0024 kg/s) hava debisi ve solenoidlerin çalışma kuvveti 30 N verildiğinde oluşan kanatçık çıktıları 5 Hz hedef çalışma frekansında Şekil 11 ve Şekil 12’de gösterilmiştir. Akışkan dinamiğini daha rahat gözlemlemek için simülasyonlarda solenoidlerin yüksek frekans cevabına (>100 Hz) sahip olduğu varsayılmıştır.



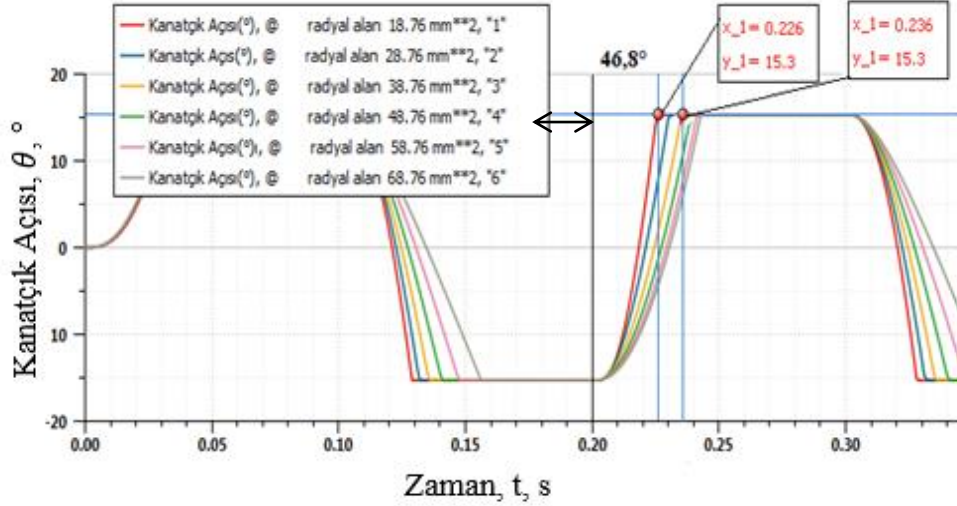
**Şekil 11.** Amesim Solenoid Komut Girdileri ve Kanatçık Açısı Çıktısı

Şekil 11 incelendiğinde 5 Hz’deki 30 N’luk solenoid komut girdisine karşılık kanatçığın  $\pm 15^\circ$  aralığında başarıyla hareket ettiği gözlenmiştir. Hesaplanan faz farkı  $63,9^\circ$ ’dir. Şekil 12’de basınç farkı sayesinde kanatçık üzerinde oluşturulan net tork gösterilmiştir. Maksimum net tork 0,09 Nm olarak ölçülmüştür.



Şekil 12. Amesim Kanatçık Tork Çıktısı

Varsayılan parametreler ve sınırlamalar sonucunda elde edilen çıktıların değerlendirilmesi için (16) ve (17) nolu eşitliklerdeki kritik parametreler incelenmiştir. Farklı değerlerdeki radyal orifis alanlarının ( $A_r$ ) açısı çıktısı ( $\theta$ ) üzerine etkisi Şekil 13'teki gibi simüle edilmiştir.

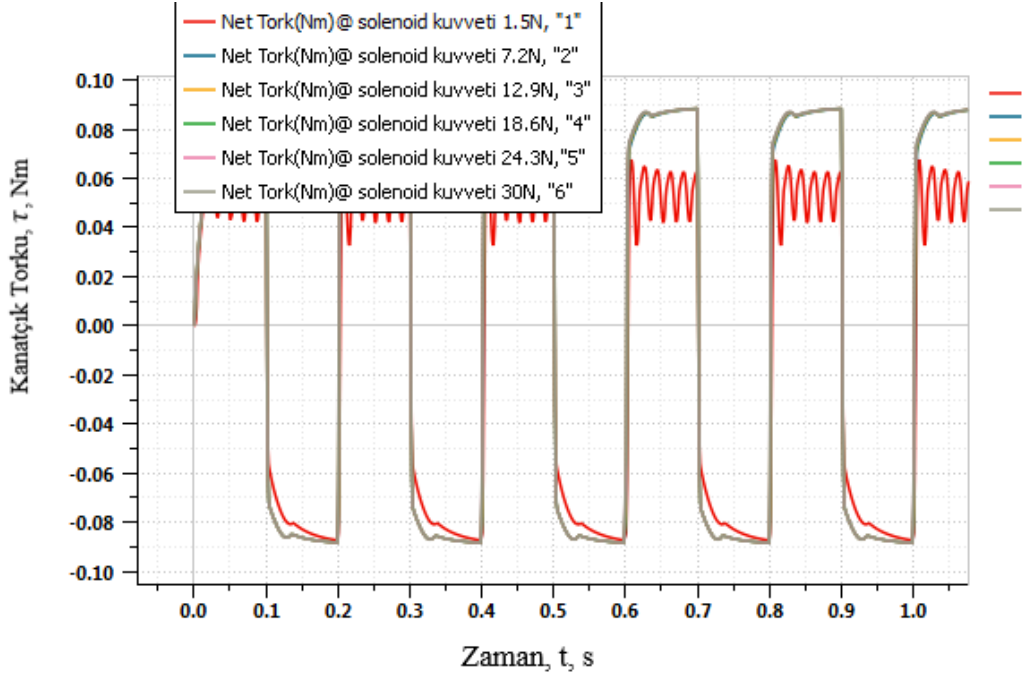


Şekil 13. Farklı Radyal Orifis Alanlarına ( $A_r$ ) Bağlı Olarak Açısı ( $\theta$ ) Çıktıları



Şekil 13'e göre radyal orifis alanının küçülmesi açının hedefe yükselme zamanını kısaltmaktadır. Varsayılan alan değerinde ( $38,76 \frac{mm^2}{0,1} mm$  boşluk) faz farkı  $63,9^\circ$  iken, radyal alan  $18,76 mm^2$  ( $\sim 0,05 mm$  boşluk)'ye eşit olduğunda faz farkı  $46,8^\circ$ 'ye düşmüştür. Radyal alanın düşürülmesi ile bant genişliğinin artırılacağı düşünülmektedir. Ancak mekanik toleransların daralması ( $< 0,1 mm$ ) üç boyutlu yazıcı ile üretim gibi ucuz imalat yöntemlerinin devre dışı kalmasına sebep olabilecektir. Ayrıca dar toleranslar verilmesi kanatçığın burun gövdesine sürtme riskini artırmaktadır (salgı, boşluk vb. sebebiyle).

Simülasyonlarda kullanılan girdi solenoid kuvveti 30 N olarak seçilmiştir. Bu kuvvetin azalması ile oluşan etki Şekil 14'te irdelenmiştir.



**Şekil 14.** Farklı Solenoid Kuvvetlerinin ( $F_s$ ) Tork Çıktısına ( $\tau$ ) Etkisi

Şekil 14'teki veriler incelendiğinde solenoid kuvvetinin 30 N'dan belirli bir mertebeye kadar düşürülmesinin kanatçık tork çıktısında anlamlı bir değişiklik yaratmadığı anlaşılmaktadır. Ancak kritik bir eşikten sonra, solenoid, kapakçığa

istenilen yer değişimini ( $\pm 1$  mm) üretmekte zorlanacağı için kapakçığı tam olarak kapatamayacaktır. Dolayısıyla odalarda oluşan basınç düşüşü sebebiyle tork kaybı yaşanacaktır. Simülasyondaki mevcut solenoid yerine daha düşük kapasiteye sahip bir solenoid kullanılabileceği değerlendirilmiştir ( $\sim 3$  N). Ancak solenoid kapasitesi optimize edilirken mühimmatın uçuşu esnasında solenoid eyleyici ekseninde oluşabilecek titreşim veya yükler ayrıca değerlendirilmelidir. Örneğin; 3 N kuvvet kapasitesine sahip bir solenoidde, uçuş ivmeleri sonucunda solenoid eyleyici eksenine 5 N'luk bir yük olarak etkir ise, kapakçık ve mühimmat kontrol edilemez hale gelecektir. Ek olarak, düşük solenoid kuvvetlerinde ( $< 2$  N) pozisyon cevabına ait simetrisinin de bozulduğu Şekil 14'te görülmektedir.

### Sonuç ve Tartışma

Bu makalede, ucuz ve basit yapıdaki parçalardan oluşan bir elektro-pnömatik kontrol tahrik sisteminin literatürden esinlenerek tasarlanan katı modeli ve simülasyon (Amesim) sonuçları incelenmiştir. İlk olarak literatürdeki benzer uygulamalar için türetilen eşitlikler temel alınarak matematiksel eşitlikler derlenmiştir. Ortaya koyulan matematiksel eşitlikler doğrusal değildir ve analitik olarak çözülmesi mümkün olmamaktadır. Bu sebeple Amesim yazılımı ile simülasyon modeli oluşturulmuştur. Simülasyonlarda kullanılan girdi ve parametreler tasarlanan katı model esas alınarak belirlenmiştir. Simülasyonlar sistemin frekans cevabı hedefi olan 5 Hz'de gerçekleştirilmiştir. Bu frekansta ve DGM sinyalinin sabit %50 çalışma oranında (pulse ratio) verilen girdi sinyaline karşılık çıktılar elde edilmiştir. Ayrıca hava debisi 120 l/dk (0,0024 kg/s) ve solenoid eyleyici kuvveti 30 N (frekans cevabı  $> 100$  Hz) girdi olarak varsayılmıştır. Bu girdiler sonucunda elde edilen ana çıktılar kanatçık açısı ve torkudur. Şekil 11 incelendiğinde, kanatçık açısının komut girdilerini başarıyla takip ettiği gözlenmiştir. 5 Hz'de gerçekleşen bu simülasyonda faz farkı  $63,9^\circ$ 'dir. Kanatçık üzerine etkiyen maksimum net tork 0,09 Nm olarak hesaplanmıştır.

(16) ve (17) nolu eşitliklerdeki kritik parametreler incelenerek kanatçık radyal alanının ( $A_r$ ), kanatçık açısı çıktısına olan etkisi simülasyonlarla gözlenmiştir. Simülasyonlar sonucunda radyal alanın düşürülmesi ile KTS bant genişliğinin arttığı tespit edilmiştir. Burun hava debisinin kesilmesi durumunda, oda basınçları dengelenecek ve KTS çalışamaz hale gelecektir.

Bir diğer simülasyon çalışmasında solenoid kuvveti 30 N'dan daha küçük değerlerde girdi olarak beslenmiştir. Solenoid kuvvetinin belirli bir değere kadar düşürülmesi kanatçık tork çıktısına anlamlı bir etki yaratmamaktadır. Böylece solenoid eyleyici kapasitesinin optimize edilebileceği ( $<3$  N) tespit edilmiştir. Solenoid kuvvetini doğrudan etkileyen besleme voltajının ve/veya DGM çalışma oranının (pulse ratio) değiştirilmesiyle kontrolcü hassasiyetinin artırılacağı yorumlanmaktadır.

Amesim simülasyon ve modelleme çalışmaları ile imalatı yapılması planlanan elektro-pnömatik KTS'nin prototip sayısı en aza indirgenmiştir. Deney tasarımı (design of experiments/DOE) gerektiren durumlarda diğer girdi ve parametrelerin de etkisi simülasyonlarla gözlemlenerek deney sayısı azaltılabilecektir.

Solenoid kapasitesinin optimize edilmesi sonucunda gereksiz hacim ve boyutta ürün seçilmesinin önüne geçilmiştir. Günümüzde mühimmat içi hacim bütçesi giderek azalırken, düşük boyutlarda cihazların kullanılması paketleme ve imalat açısından önem kazanmaktadır. Ayrıca kritik parametrelerin etki aralığı simülasyonlarla irdelenerek, parçaların imalat yöntemi ve toleransları tespit edilebilmektedir. Böylece gereksiz hassas üretim yapılması, iş gücü, para ve zaman kaybı engellenecektir.

Gelecek çalışmalarda, diğer parametre ve girdilerin çıktılar üzerindeki etkisinin irdelenmesinin faydalı olacağı düşünülmektedir.

## Extended Summary

### Introduction

Most conventional guided missile Control Actuation System (CAS) have electro-mechanical or hydraulic servo actuators. The servo actuators are complex and have high costs. Besides, some parts of the systems require special or precise production methods. A pressure source/supply is mostly used in electro-pneumatic actuators (Abd-Altief et al., 2006). Thus, a low cost electro-pneumatic actuation system with air intake is modelled and its critical parameters are investigated by using Amesim simulation model. The control actuation is provided by two linear solenoids driven by Pulse Width Modulation (PWM) signal. It is assumed that the guided missile flies at 0.8 Mach. To understand the compressible air dynamics and analyze frequency response of the actuation system at 5 Hz, Amesim simulation software is used. To analyze the fluid dynamics at 5 Hz, it is also supposed that the

forces are exerted by solenoids are enough to eliminate effects of the solenoids on the actuation system.

### **Electro-Pneumatic CAS System Design and Theoretical Background**

The parts of an electro-pneumatic control system, consisting of a nose inlet, air vane, solenoids, chamber volumes and orifices. In this system, the air intake coming from nose inlet will be directed to two chambers which are separated from each other with air vane structure. The chambers have variable outlet orifices which are controlled by a valve spool actuated by two solenoids (on-off control). Thus, the pressures in air chambers can be manipulated thanks to the spool movement. The difference between the pressures acting on left and right side of the air vane is used to control guided missile.

The mathematical model of the electro-pneumatic system consists of three parts: Air pressure dynamic model, air vane dynamic model and valve spool model.

### **Simulation and Modelling of Dynamic System**

The electro-pneumatic CAS is modelled with Amesim simulation software to understand the dynamic behavior of system. Mass flow rate through missile nose inlet and solenoid force are input in the Amesim model. It is firstly assumed that the mass flow rate is 0.0024 kg/s, the vane angle mechanical limits between  $\pm 15.3^\circ$  and the exerted forces by solenoids are sufficient to move the valve spool. It is aimed that the frequency response of the CAS is higher than 5 Hz. Thus, two PWM (constant 50% pulse ratio) signals at 5 Hz and with  $180^\circ$  phase shift are given to the simulation model to simulate solenoid forces.

The frequency response of solenoid depends on displacement and reaction force created during valve spool motion. However, it is also assumed that the solenoids have high frequency response ( $>100$  Hz) to examine fluid dynamics.

### **Conclusion**

In this paper, a simple (on-off) and low cost electro-pneumatic control actuation system modelled and simulated. The nonlinear mathematical equations are derived from literature studies. The simulation model is created to understand the system's dynamic behavior. Some parameters of the simulation model are taken mainly from 3D computer aided design (CAD) model designed in the paper. The

simulations are performed at 5 Hz and the air vane angle follows input commands at 5 Hz successfully with 63.9° phase shift (Fig. 11). The maximum net torque on air vane is about 0.09 Nm (Fig. 12). The critical parameters in Eq. 16 and Eq. 17 are examined and then the effect of air vane radial orifice ( $A_r$ ) on the air vane angle output is investigated by simulations. It is also determined that bandwidth of the actuation system increases with decreasing the radial area according to a batch run in Amesim. Furthermore, solenoid force can be reduced (<3 N) to optimize solenoid actuator's capacity and volume with respect to simulation results in Fig. 14.

In this study, a high number of prototype of the CAS and labor cost are reduced thanks to the modelling and simulation works. Some of machining operations are also eliminated thanks to the simulations.

It is thought that the investigation of the effect of other critical parameters and inputs on the outputs can be useful in future works.

### Kaynakça

#### Makaleler

- Abd-Altief, M.A., El-Sheikh, G.A., and Dogheish, M.Y. (2006). Anti-Tank Guided Missile Performance Enhancement Part-1: Hardware in the Loop Simulation, *Proceedings of the 5th ICEENG Conference*.
- Gade, M.M., Mangrulkar, K.K. (2018). Modeling and PWM Control of Electro-Pneumatic Actuator for Missile Applications. *IFAC Papers Online*, 51(1), 237-242.
- Hejrati, B., Najafi, F. (2012). Accurate Pressure Control of a Pneumatic Actuator with a Novel Pulse Width Modulation–Sliding Mode Controller Using a Fast Switching On/Off Valve. *Proc IMechE Part I: Journal of Systems and Control Engineering* 227(2), 230–242.
- Kamari, A., Mohammadi, A.H., Bahadori, A., Zendehboudi, S. (2014). Prediction of Air Specific Heat Ratios at Elevated Pressures Using a Novel Modelling Approach. *Chemical Engineering & Technology*, 37(12), 2047–2055.
- Krivts, I.L. (2004). Optimization of Performance Characteristics of Electropneumatic (Two-Stage) Servo Valve, *ASME Journal of Dynamic Systems, Measurement, and Control*, 126, p. 416.

- Qiao, G., Liu, G., Shi, Z., Wang, Y., Ma, S. and Lim, T.C. (2018). A Review of Electromechanical Actuators for More/All Electric Aircraft Systems. *Proc IMechE Part C: J Mechanical Engineering Science*, 232(22), 4128-4151.
- Richer, E. and Hurmuzlu, Y. (2000). A High Performance Pneumatic Force Actuator System: Part I: Nonlinear Mathematical Model, *Journal of Dynamic Systems, Measurement, and Control*, 122, 416-425.
- Richardson, R., Plummer, A.R., Brown M. (2006). Modeling and Simulation of Pneumatic Cylinders for a Physiotherapy Robot, School of Mech. Eng., University of Leeds, UK.
- Zhou, M., Mao, D., Zhang, M., Guo, L., Gong, M. (2018). A Hybrid Control with PID–Improved Sliding Mode for Flat-Top of Missile Electromechanical Actuator Systems. *Sensors* (Basel), 18(12), 4449.

#### **Web Kaynakları**

- Davis, M.A. (1984). *High Performance Electromechanical Servoactuation Using Brushless Dc Motor*. [https://www.moog.com/content/dam/moog/literature/Space\\_Defense/Technical\\_Bulletins/Technical\\_Bulletion\\_150.pdf](https://www.moog.com/content/dam/moog/literature/Space_Defense/Technical_Bulletins/Technical_Bulletion_150.pdf) adresinden alınmıştır.
- Dihovicni, D., Medenica, M. (2011). *Mathematical Modelling and Simulation of Pneumatic Systems*. <https://cdn.intechweb.org/pdfs/14402.pdf> adresinden alınmıştır.
- Thayer, W.J. (1988). *Electropneumatic Servoactuation an Alternative toHydraulics for Some Low Power Applications*. [https://www.moog.com/content/dam/moog/literature/Space\\_Defense/Technical\\_Bulletins/Technical\\_Bulletin\\_151.pdf](https://www.moog.com/content/dam/moog/literature/Space_Defense/Technical_Bulletins/Technical_Bulletin_151.pdf) adresinden alınmıştır.

#### **Yazarı Belli Olmayan Web Site Kaynakları**

- Amesim (2016), 21 Haziran 2020'de <https://analizsimulasyon.com/amesim/> adresinden alınmıştır.
- 9K115 Metis (2010), 21 Haziran 2020'de <https://www.armedconflicts.com/9K115-Metis-9-1050-115-1052-1077-1090-1080-1089-t26889#360912> adresinden alınmıştır.

- Pneumatic Wing and Tail Actuators (2009), 21 Haziran 2020'de <https://www.cobhammissionsystems.com/tactical-control-systems/weapon-control-and-actuation-systems/pneumatic-wing-and-tail-actuators/docview/> adresinden alınmıştır.
- Thermodynamics-Basic Concepts (2001), 21 Haziran 2020'de <https://durhamcollege.ca/wp-content/uploads/Thermodynamics-Basic-Concepts.pdf> adresinden alınmıştır.
- Actuation Solutions, 21 Haziran 2020'de <https://aerospace.honeywell.com/content/dam/aero/en-us/documents/learn/products/actuation/brochures/N61-1575-000-001-ActuationSolutions-bro.pdf> adresinden alınmıştır.
- 9M113 Kornet (2014), 21 Haziran 2020'de <http://vieclam.laodong.com.vn/vu-khi/suc-manh-ten-lua-sieu-khung-kornetem-cua-nga-189873.bld> adresinden alınmıştır.
- AT-14 Kornet (2012), 21 Haziran 2020'de <http://anwaralsharrad-mbt.blogspot.com/2012/08/at-14-kornet.html> adresinden alınmıştır.
- Servo Valves (2018), 21 Haziran 2020'de [https://www.moog.com/literature/ICD/Moog\\_ServoValves\\_72Series\\_Catalog\\_en.pdf](https://www.moog.com/literature/ICD/Moog_ServoValves_72Series_Catalog_en.pdf) adresinden alınmıştır.
- Mach Sayısı ve Süpersonik Uçuş (2019), 21 Haziran 2020'de <https://www.muhendisbeyinler.net/mach-sayisi-ve-supersonik-ucus/> adresinden alınmıştır.
- Speed Regimes (2015), 21 Haziran 2020'de <https://www.grc.nasa.gov/www/k-12/airplane/lowsub.html> adresinden alınmıştır.
- Precision Guidance Kit (PGK) (2015), 21 Haziran 2020'de [https://ndiastorage.blob.core.usgovcloudapi.net/ndia/2015/armament/wed17409\\_Hunter.pdf](https://ndiastorage.blob.core.usgovcloudapi.net/ndia/2015/armament/wed17409_Hunter.pdf) adresinden alınmıştır.
- Innovations in Flight Control Systems and Subsystems (2011), 21 Haziran 2020'de <https://www.parker.com/Literature/Control%20Systems%20Division/CSD%20literature/CSDBrochure.pdf> adresinden alınmıştır.

### Patent

- Dryer, R. (2009). Projectile Control Device. U.S Patent No. 20,100,237,185A1. United States Patent Application Publication.







## **Elektrikli Araçların Patent Analizlerinin İncelenmesi ve Askerî Araçlar Üzerindeki Uygulamaları**

Mehmet Hanifi KAYA\*

### **Öz**

*Elektrikli araç teknolojileri, petrol kaynaklarının azalması ve çevre bilincinin gelişmesiyle beraber araçların yapmış olduğu karbon salınımının azaltılmak istenmesi gibi nedenlerden dolayı önem kazanmaya başlamıştır. Çalışma kapsamında kendi içinde hibrit, yakıt hücreli ve tam elektrikli olarak üçe ayrılan elektrikli araçlar incelenmiş ve bu araçlarda bulunan teknolojilerin askerî araçlar üzerindeki uygulamaları ele alınmıştır. Bu bağlamda öncelikle hibrit askerî araçlar incelenmiş, bu araçlardan “SEP”, “Shadow RST-V”, “Ranger”, “FED Beta” ve “ULV” isimli araçlar ele alınmıştır. Ayrıca TÛMOSAN’ın 2019 yılında tanıttığı “Hibrit Güç Platformu” hibrit askerî araçlara yönelik yapılan yerli çalışmaların bir örneği olarak incelenmiştir. Yakıt hücreli askerî araçlarda “Chevrolet Colorado ZH2” incelenirken, tam elektrikli askerî araçlarda ise Otocar’ın üretmiş olduğu “AKREP II” ve “Reckless” isimli araçlar ele alınmıştır. Yapılan çalışma kapsamında elektrikli araçların ortaya çıkış süreci ve türleri ayrıntılı olarak açıklanmış ve elektrikli araç teknolojilerinin, askerî araçlardaki kısıtlı kullanımı incelenmiştir. Ayrıca çalışma kapsamında elektrikli araç teknolojisindeki gelişimin hangi düzeyde olduğunun tespit edilmesi, bu teknolojinin ne gibi avantajlara ve dezavantajlara sahip olduğunun ortaya çıkarılması amacıyla, elektrikli araçlara yönelik yapılan patent analizleri incelenmiştir. Yapılan patent analizlerine ek olarak, elektrikli araçların global düzeydeki satış oranları ele alınmış ve geleceğe yönelik satış tahminleri yapılarak, teknoloji öngörülerinde bulunulmuştur. Patent analizleri incelenmeden önce ise patent kavramı ve patent analiziyle ilgili kısa bir bilgilendirme yapılmıştır.*

**Anahtar Kelimeler:** Elektrikli Araç Teknolojisi, Elektrikli Araçların Patent Analizi, Elektrikli Askerî Araçlar.

---

\* YL. Öğr. Milli Savunma Üniversitesi, Atatürk Stratejik Araştırmalar Enstitüsü, Savunma Yönetimi ABD, Savunma Kaynakları Yönetimi Prog., mehmethanifikaya23 @gmail.com  
ORCID: 0000-0001-9194-432X

Geliş Tarihi/Received : 24.02.2020  
Kabul Tarihi/Accepted : 12.08.2020  
Araştırma Makalesi/Research Article  
DOI: 10.17134.khosbd.813409

## Examination of Patent Analysis of Electric Vehicles and Applications on Military Vehicles

### Abstract

*Electric vehicle technologies have become very important for reasons such as the reduction of oil resources and the development of environmental awareness, and the desire to reduce the carbon emission made by vehicles. Within the scope of the study, electric vehicles are divided into three types as hybrid, fuel cell and fully electric, and the applications of the technologies in these vehicles on military vehicles are discussed. In this context, hybrid military vehicles are first discussed and the vehicles named "Shadow RST-V", "Ranger", "FED Beta" and "ULV" are examined under the heading hybrid military vehicles. In addition, the "Hybrid Power Platform" introduced by TUMOSAN in 2019 is being examined as an example of domestic work on hybrid military vehicles. Under the heading of fuel cell military vehicles, "Chevrolet Colorado ZH2" is under review, while "AKREP II" (developed by Otokar) and "Reckless" are examined under the heading of fully electric military vehicles. Within the scope of the study, the emergence process and types of electric vehicles are explained in detail and the limited use of electric vehicle technologies in military vehicles is examined. Also, within the scope of the study, patent analyses for electric vehicles are examined in order to determine the level of development in electric vehicle technology and to determine what advantages and disadvantages this technology has. In addition to the patent analysis, the global sales rates of electric vehicles are discussed and future sales forecasts and technology predictions are made. Before the patent analysis is examined, a brief information is provided about the patent concept and patent analysis.*

**Keywords:** *Electric Vehicle Technology, Patent Analysis of Electric Vehicles, Electric Military Vehicles.*

### Giriş

Günümüzde petrol kaynaklarının azalması ve çevre duyarlılığının gelişmesi, elektrikli araçları oldukça önemli bir konuma taşımıştır. Ayrıca içten yanmalı motorlara sahip araçların bakımındaki zorluklar ve yüksek yakıt fiyatları elektrikli araçlara yönelimi hızlandıran faktörler olarak ortaya çıkmaktadır. Elektrikli araçların tüm dünyada giderek yaygınlaşmaya başlaması büyük otomobil üreticilerini de

harekete geçirmiş ve bu üreticiler tarafından, elektrikli araçlar ile ilgili oldukça önemli araştırma ve geliştirme faaliyetleri yürütülmüştür. Yürütülen bu faaliyetlerin ortaya çıkarılması da üretici firmaların yaptığı patent çalışmalarının incelenmesi neticesinde ortaya çıkmıştır.

Büyük otomobil üreticileri tarafından yürütülen çalışmalar sonucunda ortaya birçok elektrikli araç prototipi çıkmış ve bu prototiplerden bazıları seri üretime uygun hale getirilebilmiştir. Hazırlanan çalışma kapsamında ise öncelikle patent analizi ve ileri patent analizi kavramları açıklanmış ve böylece üretici firmaların araştırma ve geliştirme faaliyetlerinin doğru bir şekilde tespit edilmesi sağlanmıştır.

Çalışmanın ilerleyen bölümlerinde elektrikli araçların doğru bir şekilde tanıtılması ve türlerinin doğru bir şekilde anlaşılması amacıyla elektrikli araçlara yönelik detaylı bilgilendirmeler yapılmıştır. Yapılan bu bilgilendirmelerden sonra otomobil üreticisi firmaların elektrikli araçlara yönelik yapmış olduğu patent çalışmaları ve analizlerinin yanı sıra bu firmalardan seri üretime geçebilenlerin satış oranları ele alınmıştır. Çalışmanın son bölümünde ise genel tanımları, patent analizleri ve satış oranları incelenen elektrikli araçların, askerî alandaki kullanım örnekleri incelenmiştir.

### **Patent Analizi**

Patent analizi, ürün yöneticileri, iş yöneticileri ve fikrî mülkiyet stratejisi yöneticileri tarafından, şirketler/sektörler hakkındaki bilgileri teknolojik rekabet ve teknolojik gelişme yörüngesi açısından işe yarar bilgiye dönüştürmek amacıyla kullanılır. Patent analizinin yanı sıra patent araştırması da oldukça sık bir şekilde yapılmaktadır. Ancak patent araştırması, patent analizi gibi patentle ilgili geleceğe yönelik bilgiler vermekten ziyade, patenti yenilik, geçerlilik ve tescil edilebilirlik açısından incelemektedir. Aşağıda patent analizinin önemine dair birtakım bilgiler maddeler halinde sıralanmıştır (Çetindamar, Phaal ve Probert, 2013);

1. İstatistiksel yöntemler kullanarak analiz yapılmaktadır.
2. Analizi yapılan patentlerde oldukça fazla veri bulunduğu için bu verilerin incelenmesiyle beraber, geleceğe yönelik teknolojilerin nasıl şekillendiği tespit edilebilmektedir.
3. Patent analizi şirketlerin teknolojik rakip istihbaratının ayrılmaz bir parçası olduğu için üst düzey yönetim tarafından yürütülmektedir.

4. Patent analizi genelde üç teknolojik yeteneğin oluşumunda işe yarar, a) Edinim (AR-GE Yönetimi), b) Tanımlama, c) Koruma.

5. Bir şirketin patentlerinin incelenip analiz edilmesi, söz konusu şirketin güçlü ve zayıf yönlerinin tespit edilmesi ve şirket yöneticilerinin uygulamış olduğu fikrî mülkiyet stratejilerinin ortaya çıkartılması açısından oldukça önemlidir.

6. Yapılan patent analizi sonucunda, bir şirketin sahip olduğu patent sayısı, teknolojisinin büyüme biçimi, inovasyona verdiği önemi yani söz konusu patentin AR-GE planlamasında kaç kez yer aldığına rakip şirketlerle kıyaslanması gibi bulguların elde edilmesi, ayrıntılı bir rekabet analizinin yapılması bilgileri elde edilir.

7. İncelenen patentler, ortak atıflarına bakılarak sınıflandırılabilir.

8. Yapılan patent analizleri, şirketlerin teknolojik konumu hakkında son derece önemli bilgiler vererek hangi teknolojilere yatırım yapılması gerektiğini ortaya çıkartmaktadır.

9. Patent araştırması yapılırken öncelikle; IPC ve CPC kodları kullanılarak patentler aratılır; bu kodların haricinde anahtar kelimeler girilerek arama yapılabilir, uzman bilgisine başvurulabilir ve literatür taraması yapılabilir.

10. Şirketlerin, başkaları tarafından yapılan patent analizlerini kullanmaları oldukça yanlış bir tutum olarak görülmektedir. Çünkü başka kişiler veya kurumlar tarafından yapılan analizler farklı bir amaç için yapılmış olabileceği gibi eksik bilgiler de içerebilmektedir.

Yukarıda ifade edilen patent analizi kavramından bahsedilirken ele alınması gereken bir diğer konu ise ileri patent analizi yöntemidir. Bu yöntem özünde, patent analizi sonucunda elde edilen verilerin, “S eğrisi” olarak adlandırılan, grafiksel ifadelerle gösterimine dayanır. Yapılan analizlerin grafiksel gösterimi, patent analizi yapan şirketlerin elde ettikleri verileri daha anlaşılabilir kılmak için sık kullandıkları bir yöntem olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu bağlamda S-eğrilerinin çizilebilmesi için üç temel adım izlenmektedir. İlk olarak bir performans metriği üzerinden boylamsal veriler toplanır, daha sonra ise evrimi gözlemlemek için eğri çizilir ve son olarak ortaya çıkan eğri nihai bir karara varmak amacıyla yorumlanıp kullanılır (Daim, Rueda, Martin ve Gerdri, 2006). Bu eğrilerin yorumlanması yapılırken patentin hangi evrede olduğu göz önünde bulundurulur. Bu bağlamda olgunluk ve yaşlılık dönemlerinde bulunan patentler yatırım yapılabilirlik açısından uygun görülmezken, kuluçka ve yükselme döneminde olan patentler yatırım yapılabilir

olarak görülmektedir. Kısacası, S-eğrileri yatırım yapılabilirliği göstermesi açısından oldukça önemlidir.

İşletmelerin yapmış olduğu ileri patent analizleri, yalnızca yeni yatırım yapılacak alanların tespit edilmesinde değil, aynı zamanda işletmenin mevcut yatırımlarının da durumunun ortaya konulması açısından oldukça gereklidir. Böylece işletmeler, mevcut yatırımlarını S eğrisi üzerinden inceleyerek, yukarıda ifade edilen evrelerin hangisinde yer aldığını tespit edebilmektedir. Yapılan bu incelemeler sonucunda işletme, mevcut yatırımının olgunluk veya yaşlılık evresinde olduğunu tespit ederse, söz konusu yatırımını gözden geçirerek, yeniden revize etmek zorunda kalmaktadır.

Yukarıda da ifade edildiği gibi ileri patent analizleri, işletmeler açısından hayati bir önem taşımakta ve adeta işletmelerin kaderini şekillendirmektedir. Bu duruma verilebilecek en güzel örnek ise Sony ve JVC arasında yaşanan durumdur. Bilindiği üzere Sony video kamera sektörüne ilk giren firma iken JVC bu pazara daha sonradan dahil olmuştur. Sony video kamera sektörüne ilk girdiğinde pazar payının neredeyse tamamına sahipken, pazara sonradan JVC'nin girmesiyle birlikte Sony'nin etkinliği azalmaya başlamış ve JVC, Sony'yi pazarın dışına itmeyi başarmıştır (Çetindamar vd., 2013). Bu durumun başlıca nedeni ise JVC firmasının oluşturduğu S eğrilerinin analizini doğru yaparak, piyasanın ihtiyacı olan video kamerada daha uzun kayıt yapma ve video oynatma isteklerini tespit ederek bu ihtiyaçları karşılamaya yönelik yatırımlar yapmasıdır.

### **Elektrikli Araçların Ortaya Çıkışı ve Türleri**

Elektrikli araçların üretimi zannedilenin aksine çok eskilere dayanmaktadır. Yapılan bu çalışma kapsamında ilk üretilen araçların, elektrikli araçlar olduğu tespit edilmiş ve böylece elektrikli otomobiller ile ilgili ilk gelişmelerin 1830'lu yıllara dayandığı görülmüştür. 1834 yılına gelindiğinde pille hareket eden ilk elektrikli araç üretilmiştir. Thomas Davenport tarafından tasarlanan bu araç üç tekerlekli olup, arabadan ziyade bir bisikleti andırmakta ve bataryaları şarj edilememekteydi. Davenport'un bu çalışmasının hemen ardından, 1835 yılında Profesör Stratingh tarafından tasarlanan elektrikli araç modeli de bu araçlar ile ilgili yapılan ilk çalışmalardan biri olarak görülmektedir (Ünlü vd., 2003). Bu bağlamda bahsi geçen her iki çalışma da elektrikli araç teknolojilerinin ortaya çıkması ve gelişmesi açısından oldukça önemli görülmektedir.

Elektrikli araçlarla ilgili yapılan ilk çalışmaların ardından, yıl 1838'i gösterdiğinde Robert Davidson tarafından şarj edilemeyen ilk elektrikli lokomotif icat edilmiştir. Elektrikli araç teknolojilerinin gelişimine ilişkin yaşanan bir diğer gelişme ise 1874 yılında David Salomons'un ilk defa şarj edilebilir bir batarya ile çalışan yeni bir elektrikli araç üretmesi olmuştur. Yaşanan bu gelişme elektrikli araçların gelişimi açısından adeta bir devrim niteliği taşımaktadır. Şarj edilebilir yeni bataryalar ile araçların batarya giderleri azaltılmış ve böylece maliyet açısından oldukça önemli bir tasarruf yapılabilmektedir. Fakat her ne kadar Salomons tarafından icat edilen bu bataryalar elektrikli araçların maliyetini düşürse dahi, yine de bu araçları sıradan insanların alabileceği fiyat düzeyine getirememiştir. Bu yıllarda üretilen bir elektrikli aracın maliyeti, günümüzde yaklaşık olarak bir Rolls Royce fiyatına tekabül etmektedir (Chan ve Chau, 2001). Üretilen bu otomobiller, her ne kadar konforlu ve pahalı olsa da gerek at arabalarından daha yavaş ilerlemeleri, gerekse kısa bir menzile sahip olmaları nedeniyle pek kullanışlı görülmemişlerdir.

1880'li yıllara gelindiğinde içten yanmalı motorlara sahip olan ilk araçlar üretilmeye başlansa da piyasanın hâkimiyeti hâlâ elektrikli araçların kontrolünde bulunmaktaydı. 1900'lü yılların başında ise elektrikli ve benzinli motorların beraber kullanıldığı yeni teknolojiler de ortaya çıkmaya başlamıştır (Kerem, 2014). Ayrıca 1900 yılında Amerika'da yıllık 4200 otomobil satışı yapılmakta ve bu satışların %38'i elektrikli araçları, %22'si içten yanmalı motora sahip araçları ve %40'ı buharla çalışan araçları kapsamaktaydı. Bu veriler ışığında elektrikli araçların hâlâ piyasada önemli bir paya sahip olduğu görülmektedir. Ancak 1908 yılına gelindiğinde Henry Ford, dünyanın ilk seri fabrikasyon üretimi olan ve aynı zamanda içten yanmalı bir motora sahip olan Model T adlı otomobili piyasaya sürerek, elektrikli araçları domine etmeyi başarmıştır. Model T'nin kısa zamanda elektrikli araçların önüne geçebilmesinin sebeplerinden biri de 1909 yılında 850 Dolar olan fiyatının 1925'te 260 Dolar'a düşürülmesidir (Chan ve Chau, 2001). Model T'nin uzunca bir dönem yoğun rağbet görmesi nedeniyle 1960'lı yıllara kadar elektrikli araçlar ile ilgili herhangi bir çalışma yapılmamıştır.

1960'lı yıllara gelindiğinde ise yoğun kullanım nedeniyle ABD ve Avrupa'nın petrol rezervlerinde ciddi bir azalma yaşanmış ve bu durumda, Ortadoğu başta olmak üzere, petrol açısından zengin olan bölgelere askerî birlikler gönderilerek bu kaynaklardan yararlanmaya çalışmak bir çözüm olarak görülmüştür. Bu durumun farkına varan Ortadoğu ülkeleri 1970'lerden itibaren kendi ülkelerindeki petrol şirketlerine el koymaya başlamışlardır. Bu bağlamda öncelikle Irak, 1972 yılında

“Iraq Petroleum Company” şirketini tamamen millileştirmiştir. Benzer bir uygulama 1973 yılında İran’da yapılmış ve petrol şirketleri sadece bir idareci konumuna getirilerek, üretim tamamen İran Millî Şirketi’nin tekeline bırakılmıştır. Aynı yıl Arap-İsrail Savaşı ortaya çıkmış ve körfez ülkeleri bu savaşı protesto etmek amacıyla ABD ve Avrupa’ya petrol ambargosu uygulamıştır (Armaoğlu, 1987). ABD ve Avrupa, uygulanan bu ambargo sonrasında, elektrikli araçlar ile ilgili yaptıkları çalışmaları ciddi anlamda arttırmışlardır.

Yapılan bu yoğun çalışmaların bir sonucu olarak da 1980’lerde ilk seri üretim elektrikli otomobiller üretilmeye başlanmıştır. 1990’lı yıllara gelindiğinde ise ABD ve Avrupa’nın bazı bölgelerinde katı emisyon uygulamaları başlatılmıştır. Bu uygulamalar arasında en dikkat çeken Kaliforniya’da hayata geçirilmiştir. Bu bağlamda “Kaliforniya Hava Kaynakları Kurulu” kurulmuş ve bu kurul tarafından alınan kararlara göre Kaliforniya’da üretilen tüm araçların, 1998 yılına kadar %2’sinin, 2003 yılına kadar ise %10’unun sıfır emisyonlu olması zorunlu kılınmıştır. Bu kurul 1998’deki hedefine ulaşmış ancak 2003 yılındaki hedeflerini yakalayamamıştır (Chan, 1993). Bu durumun başlıca nedeni olarak da ABD’de yaşanan hükümet değişikliği ve bu değişikliğin bir sonucu olarak Kaliforniya’daki emisyon yasası şartlarının yumuşatılması gösterilmektedir. 2000’li yılların başlarına kadar Avrupa ve Amerika’da elektrikli araçların üretimine yönelik teşvikler devam etmiş ve günümüze kadar gelen süreçte ise bu teşvikler tüm dünyada yoğun bir şekilde artmıştır.

Çalışma kapsamında, gelişim sürecine dair detaylı bir şekilde bilgilendirme yapılan elektrikli araçların genel olarak üç farklı türü bulunmaktadır. Bunlardan ilki Hibrit Otomobiller, ikincisi Yakıt Hücreli Otomobiller ve üçüncüsü Tam Elektrikli Otomobillerdir. Çalışma kapsamında öncelikle bu otomobillere dair genel bir bilgi verilecek, daha sonra ise bu otomobiller ile alakalı, yapılan patent analizleri incelenecektir.

### **1. Hibrit Otomobiller (HEV)**

Günümüz elektrikli araç teknolojilerinde en yaygın kullanılan tekniklerden biri olarak öncelikle hibrit otomobiller karşımıza çıkmaktadır. Adından da anlaşılacağı üzere melez manasına gelen hibrit kavramı elektrikli araçlar için benzer mantıkta kullanılmaktadır. Bu tip elektrikli araçlarda hem klasik içten yanmalı bir motor hem de bunu destekleyen bir elektrik motoru bulunmaktadır (Keskin, 2009).

Hibrit teknolojisiyle üretilen araçların da kendi içerisinde iki farklı versiyonu bulunmaktadır. Bunlardan ilki düz hibrit, ikincisi ise plug-in hibrit otomobillerdir.

Düz hibrit otomobillerde, güçlü bir benzinli motor ve ona yardımcı olması için küçük bir elektrikli motor bulunmaktadır. Buradaki küçük elektrikli motor aracı hareket ettirmekten ziyade, benzinli motoru desteklemek amacıyla kullanılmaktadır. Bu elektrikli motorlar özellikle benzinli motorların çok fazla yakıt tükettiği ve zorlandığı durumlarda devreye girmektedir (Ünlü vd., 2003). Örneğin; yoğun şehir trafiğinde ve yüksek eğimli yokuşların çıkılması esnasında, elektrikli motor destekleyici olarak devreye girer. Düz hibrit teknolojisine sahip araçlar dışarıdan şarj edilmeye ihtiyaç duymazlar. Çünkü bu elektrikli motor, benzinli motor çalışırken arabanın hareket enerjisini ve fren yapıldığında ortaya çıkan enerjiyi, elektrik enerjisine çevirerek bataryalarını doldurabilmektedir. Düz hibrit teknolojisiyle üretilmiş en öne çıkan araç ise Toyota'nın C-HR modeli olmuştur.

Çalışma kapsamında, dışarıdan haricî olarak şarj edilemeyen hibrit araçların tümü düz hibrit araçlar olarak tanımlanmıştır. Düz hibrit olarak ele alınan bu araçlar da kendi içlerinde üç farklı gruba ayrılmaktadır. Bunlar seri hibrit, paralel hibrit ve seri-paralel hibrit araçlar olarak adlandırılmaktadır. Seri hibrit olarak adlandırılan araç modelinde, içten yanmalı motorun, yakıtı kullanarak elde ettiği enerji, jeneratör yardımıyla elektrik enerjisine çevrilerek araç içerisindeki batarya pillerine aktarılmaktadır. Bu pillerin dolusunda, içten yanmalı motorun ürettiği enerjiye ek olarak, aracın hareket fren gücüyle oluşan enerjide kullanılmaktadır (Keskin, 2009). Böylece araç içerisinde bulunan elektrikli motora, piller yardımıyla enerji iletebilmekte ve araç hareket edebilmektedir.

İkinci olarak ele alınan paralel hibrit araç modelinde ise aracın hareket edebilmesi için ihtiyaç duyulan enerji içten yanmalı motor ile elektrikli motorunun beraber çalışmasıyla sağlanmaktadır. Seri hibrit araçların aksine bu modelde içten yanmalı motor, yakıtı kullanarak elde ettiği enerjiyi, elektrikli motora aktarmak için değil, doğrudan aracı hareket ettirmek için kullanılmaktadır. Elektrikli motor ise ihtiyaç duyduğu enerjiyi, aracın hareket ve fren gücüyle ortaya çıkan enerjinin depolandığı batarya pillerinden elde etmektedir (Emadi, Lee ve Rajashekara, 2008).

Son olarak ele alınan seri-paralel hibrit araç modeline gelindiğinde ise içten yanmalı motor, yakıtı kullanarak elde ettiği enerjinin bir kısmını doğrudan aracı hareket ettirmek için kullanırken, bir kısmını da jeneratör yardımıyla elektrik enerjisine çevrilerek batarya pillerine aktarılmaktadır (Muratoğlu ve Akkaya, 2015). Ancak bu pillerin dolumu için yalnızca içten yanmalı motorun aktardığı enerji değil,



ayrıca aracın hareket ve fren gücü ile ortaya çıkan enerji de kullanılmaktadır. Elektrikli motor ise ihtiyaç duyduğu enerjiyi bu pillerden karşılamaktadır

Yukarıda detaylı tanımlamaları yapılan ve alt türleri ele alınan düz hibrit araçlarda bulunan içten yanmalı motor, plug-in hibrit araçlarda da bulunmaktadır. Buna ek olarak plug-in hibrit araçlarda düz hibrit araçlardakinden çok daha güçlü bir elektrikli motor bulunmaktadır. Bu modelde bulunan elektrikli motor, düz hibrit otomobillerdeki gibi aracın hareket ve fren gücüyle bataryalarını doldurabilirken, dışardan da şarj edilebilmektedir. Bu modelde elektrikli ve benzinli motorlar farklı durumlarda devreye girmektedir (Clement-Nyns, Haesen ve Driesen, 2010). Şehir içinde 70-80 km hızın ve 50-60 km civarında bir menzilin üzerine çıkılmadıkça elektrikli motor tek başına yeterli olabilmektedir. Özellikle büyük şehirlerde yakıt tüketiminin azaltılması açısından plug-in hibrit model araçlar oldukça faydalı bulunmaktadır.

## 2. Yakıt Hücreli Otomobiller (FCEV)

Yakıt hücreli otomobiller ile ilgili ilk çalışma 1838 yılında Sir William Grove tarafından yapılmıştır. Yapılan çalışmada su elektrolize edilerek, oluşan ters reaksiyon incelenmiş ve bu reaksiyon sonucunda, sabit akımın ve gücün ortaya çıktığı görülmüştür (Kerem, 2014). 1838 yılında yapılan bu çalışma sonucunda elde edilen bilgiler doğrultusunda, yakıt hücreli araçların günümüzdeki çalışma prensibi şekillenmiştir.

Günümüzde, yakıt hücreli araçların yakıt hücrelerinde bulunan hidrojen, elektrolize edilerek, yakıt hücrelerinin kimyasal enerjisi, elektrik enerjisine dönüştürülmekte ve böylece motor tahriki için gerekli olan elektrik enerjisi elde edilebilmektedir. Bu elektroliz işlemi sonucunda ise yalnızca ısı ve su açığa çıkmaktadır. Yakıt hücreli araçların temel yapısı, seri hibrit araçların yapısıyla oldukça benzer niteliktedir. Yakıt hücreli araçlarda, seri hibrit araçlarda bulunan yakıt deposu yerine hidrojen tankı, içten yanmalı motor ve jeneratör yerine ise yakıt hücreleri bulunmaktadır (Muratoğlu ve Akkaya, 2015). Elektrikli araçlar ile ilgili yapılan çalışmalarda araştırmacıların bir kısmı, yakıt hücreli araçları, seri hibrit araçların bir türü olarak (Chan, 2007) ele alırken, bir diğer kısmı ise tam elektrikli araçların bir türü olarak görmektedir. Ancak literatürde yakıt hücreli araçları başlı başına farklı bir tür olarak ele alan çalışmaların yoğunlukta olması nedeniyle, bu

çalışma kapsamında da yakıt hücreli araçlar bağımsız bir elektrikli araç türü olarak ele alınmıştır.

Yakıt hücreli araçların en büyük avantajı tam elektrikli araçlar gibi şarj için iki ila yedi saat arası beklemeye ihtiyaç duymamasıdır. Yakıt hücreli araçlar tıpkı benzin almış gibi istasyona girerek, deposuna hidrojen doldurduktan sonra yoluna devam edebilmektedir. Böylece hidrojeni elektrığe çevirerek uzun menzilli yollara rahatlıkla çıkabilmektedir.

Yukarıda birçok olumlu özelliği belirtilen bu tür araçlarda bazı ciddi sıkıntılar da mevcuttur. Öncelikle hidrojenin elektrığe çevrilmesi uzun sürmekte ve bu durum, yakıt alınan ilk anlarda aracın performansını ciddi bir şekilde düşürmektedir. Yakıt hücreli araçlar ile ilgili başka bir dezavantaj ise yakıt hücrelerinde bulunan hidrojenin elektrolize edilmesi sonucunda ortaya çıkan suyun donarak aracın içindeki hassas parçalara zarar vermesidir. Ancak General Motors ve Toyota'nın bu alanda yaptığı çalışma ve yatırımlar, söz konusu sorunun büyük ölçüde çözülmesini sağlamıştır (Tollefson, 2010). Bu tür araçlar ile ilgili bir diğer problem ise hidrojenin oldukça yanıcı bir madde olması nedeniyle depolanmasının son derece riskli olmasıdır. Her ne kadar günümüzde daha çok hidrojeni daha az riskle depolamaya yönelik araştırmalar yapılsa da bu alandaki çalışmaların henüz istenilen seviyelere ulaşmadığı görülmektedir.

### 3. Tam Elektrikli Araçlar (BEV)

Tam elektrikli araçlarda, yukarıda bahsedilen elektrikli araç türlerinde bulunan içten yanmalı motor, yakıt deposu ve jeneratör bulunmamaktadır. Bu tür araçlarda motora tahrik sağlamak için ihtiyaç duyulan enerji, yalnızca haricî olarak doldurulabilen bataryalardan elde edilmektedir. Bu bataryalar boşaldığında ise yeniden doldurulması gerekmektedir (Muratoğlu ve Akkaya, 2015). Tam elektrikli araçlarda, içten yanmalı bir motora veya jeneratöre ihtiyaç duyulmadığı için aracın büyük bir bölümü bataryalardan oluşmaktadır. Bundan dolayı tam elektrikli araçlarda yer alan hareketli parçaların sayısı oldukça azalmakta ve bu durum aracın bakım maliyetlerini düşürmektedir.

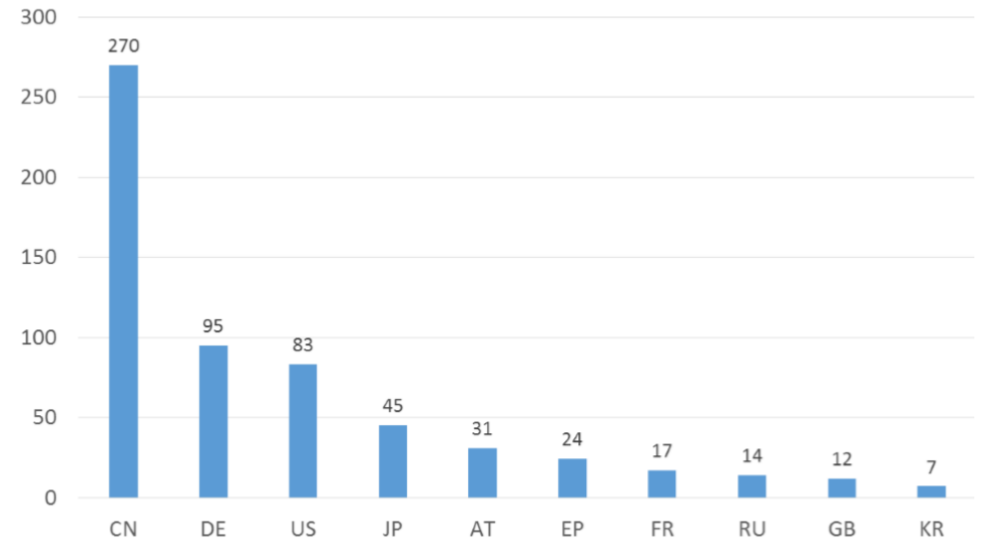
Tam elektrikli araçların bazılarında, ana bataryaya destek sağlaması için ikinci bir batarya veya süper kapasitör kullanılabilir. Bu yardımcı güç kaynakları, aracın yoğun güç kullanması gereken durumlarda devreye girerek, kısa bir zaman dilimi içinde, yüksek güç desteği sağlayabilmektedir. Ayrıca tam elektrikli araçlar

bataryalarında bulunan elektrik enerjisini %46'lık bir verimle kullanırken, içten yanmalı motora sahip olan araçlar, depolarında yer alan yakıtı %18 - %25 arasında bir verimle kullanabilmektedir (Ünlü vd., 2003). Bu bağlamda tam elektrikli otomobiller hem yakıt tüketimi açısından tasarruf sağlaması hem de çevreyi kirletmemesi nedeniyle oldukça rağbet görmektedir. Ancak tam elektrikli araçların tüm bu avantajlarının yanında bazı ciddi dezavantajları da bulunmaktadır. Bu tür araçlarda yer alan bataryaların kapasitesi ve ömrü sınırlı olduğu için aracın belirli bir kullanım süresi sonunda, bataryalarının tamamının değiştirilmesi gerekmektedir.

Kısa menzilli ve kısa ömürlü bu bataryaların bir diğer sorunu ise şarj olma süreleridir. Günümüz elektrikli otomobillerinin bataryaları oldukça yavaş şarj olmaktadır. Ortalama bir elektrikli aracının bataryalarının tam olarak şarj olması için en az 2-3 saatlik bir süre gerekmektedir. Tam elektrikli araçlar açısından ortaya çıkan bu şarj problemi, uzun menzilli yolculuklarda oldukça büyük sıkıntıların yaşanmasına neden olmaktadır. Günümüz elektrikli otomobillerinin en iyileri dahi bataryalarının tam dolu olduğu bir durumda, maksimum 500-550 km arası bir mesafe gidebilmekteyken, daha makul fiyatlardaki elektrikli otomobiller ise ancak 100-150 km arası bir mesafe gidebilmektedir. Bu durum da tam elektrikli otomobillerin en önemli problemi olarak ortaya çıkmaktadır.

### **Elektrikli Araçlar ile İlgili Patent Analizlerinin İncelenmesi**

Elektrikli araçların patent analizlerinin incelendiği bu bölümde, ilk olarak en fazla patent koruma başvurusu yapılan ülkeler incelenmiştir. Patent koruma başvurusunun, patent konusu buluşun bir ülkede önemli bir ekonomik getiri sağlama ihtimalinin yüksek olduğu durumlarda yapılması tavsiye edilir.



CN: Çin, DE: Almanya, US: Amerika, JP: Japonya, AT: Avusturya, EP: Avrupa Patent Sözleşmesi, FR: Fransa, RU: Rusya, GB: İngiltere, KR: Güney Kore

**Şekil 1.** En Fazla Patent Koruma Başvurusu Yapılan 10 Ülke  
(Clarke ve Piterou, 2019).

Şekil 1’de 2015-2016 yılları arasında en fazla patent koruma başvurusu yapılan ilk 10 ülke arasında Çin’in ön plana çıktığı görülmektedir. Bu durumun başlıca nedeni olarak da Çin’in seri üretim tesislerinin fazla olması gösterilmektedir (Clarke ve Piterou, 2019). Ayrıca grafikte yer alan tüm ülkelerin önemli birer pazar olduğu da anlaşılmaktadır. Yukarıda EP olarak ifade edilen Avrupa Patent Sözleşmesi yoluyla patent koruma başvurusu yapılması ise genellikle 3 ya da daha fazla Avrupa ülkesinde koruma talep edilmesi durumunda tavsiye edilir. Bu durumun maliyet açısından daha mantıklı olacağı öngörülmektedir.

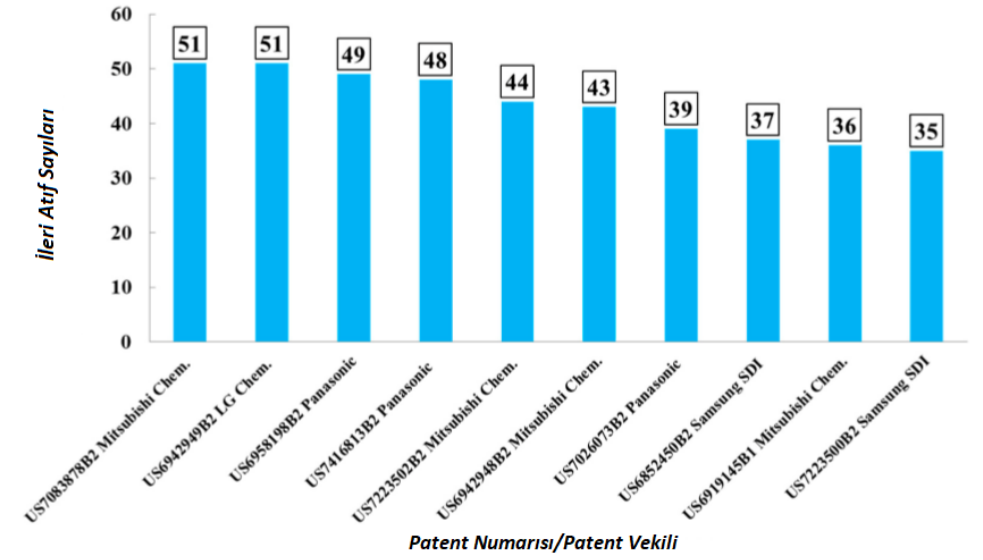
Elektrikli araç teknolojisinde ön plana çıkan önemli hususlardan biri de bataryadır. Çünkü elektrikli araçların tümü bir batarya sistemine sahip olmak zorundadır. Batarya konusu yalnızca tam elektrikli araçları değil, yakıt hücreli ve hibrit araçları da etkilemektedir. Bu bataryaların belli bir kullanım ömrünün bulunduğu ve şarj edilme sürelerinin oldukça uzun olduğu çalışmanın ilk bölümlerinde de ifade edilmiştir. Bu bağlamda, elektrikli araçların şarj teknolojisine yönelik patent çalışması yapan başlıca firmalar Tablo 1’de gösterilmiştir.

**Tablo 1.** Lityum İyon Batarya Teknolojisinde En Fazla Patent Çalışması  
Yapan Altı Şirket (Lee ve Su, 2020).

Şirket/(Ülke)	Patent Sayıları
Samsung SDI/(Korea)	653
LG Chem./(Korea)	505
Panasonic/(Japan)	446
Sony/(Japan)	321
Ube/(Japan)	241
Mitsubishi Chem./(Japan)	240

2005 ve 2015 döneminde toplam 4598 adet patent alınmış ve bunlar arasından, 2406 patent kullanılarak Tablo 1'de gösterilen veriler elde edilmiştir. En yüksek patent sayısına sahip bu ilk altı firma, toplam patentlerin %50'sinden fazlasına katkıda bulunmuş ve bu durumun analizi için yeterli temsili oluşturduğu kanısına varılmıştır. Bu ilk altı firma arasında, Ube Industries Ltd. (Ube), Mitsubishi Chemical Holdings Corp. (Mitsubishi Chem.), Panasonic Corp. (Panasonic) ve Sony Corp. (Sony) olmak üzere dört Japon şirketi; LG Chemical Ltd. (LG Chem.) ve Samsung SDI Co., Ltd. (Samsung SDI) olmak üzere iki Güney Koreli şirket bulunmaktadır (Lee ve Su, 2020). Bu Güney Koreli Şirketlerin lityum iyon batarya teknolojisi alanında oldukça etkili çalışmalara sahip oldukları görülmektedir.

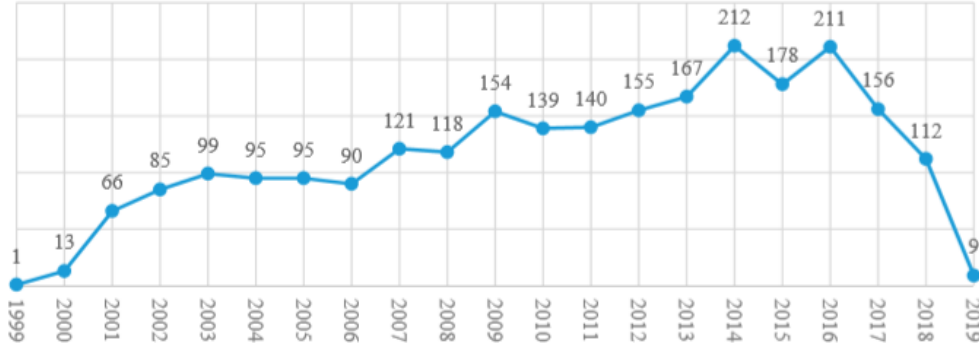
Özellikle son yıllarda bu tarz bataryaların elektrikli araçlarda kullanımı arttığı için bazı şirketler bu alanda bir takım patent analizleri yaparak, alanda etkili olan şirketleri tespit etmeye çalışmışlardır. Bu kapsamda yapılan patent incelemesinde, lityum-iyon batarya teknolojisi alanında en etkin şirketler tarafından yapılan patent çalışmaları arasında en çok atıf alan 10 çalışma Şekil 2'de ele alınmıştır. Bu şekilde dikey ekseninde ileri atıf sayıları, yatay ekseninde ise patent numaraları ve patent vekili olan firmalara yer verilmiştir.



**Şekil 2.** Lityum İyon Batarya Teknolojisinde En Fazla İleri Atıf Sayısına Sahip 10 Patent (Lee ve Su, 2020).

Şekil 2’de, ilk 10 patentin Mitsubishi Chem. (4), Panasonic (3), Samsung SDI (2) ve LG Chem.’e ait olduğu görülmektedir. Bu patentler arasında; yedi patentin Japon şirketleri olan, Mitsubishi Chem. ve Panasonic’e ait olduğu görülmüştür. Ayrıca Mitsubishi Chem ve LG Chem’in yapmış olduğu patent çalışmalarının diğer çalışmalar üzerinde daha belirgin bir etkiye sahip olduğu anlaşılmaktadır (Lee ve Su, 2020).

Çalışma kapsamında değerlendirmeye tabi tutulan bir diğer patent analizi verisi otomobiller için ortaya çıkan alternatif teknolojilere yöneliktir. Bu bağlamda incelenen çalışma kapsamında yakıt hücresel elektrikli araçlar ele alınmıştır. Bu araçlar ile ilgili 1999-2019 yılları arasında yapılan patent çalışmalarının sayısı Şekil 3’te grafiksel olarak ifade edilmiştir. Şekil 3’te yer alan patent ailesi ifadesi ile aynı veya benzer teknik içeriği kapsayan patent başvuruları kastedilmiştir.



**Şekil 3.** Yayın Yılına Göre Yakıt Hücreli Elektrikli Araçların (FCEV) Patent Ailelerinin Sayısı (Alvarez-Meaza, Zarrabeitia-Bilbao, Rio-Belver ve Garechana-Anacabe, 2020).

Yakıt hücreli elektrikli araçlara yönelik yapılan patent çalışmalarındaki artış ivmesi 2016 yılına kadar korunsa da bu yıldan itibaren ciddi bir düşüşün yaşandığı gözlenmektedir. Bu düşüşün başlıca sebebi olarak yakıt hücreli elektrikli araçlara yönelik ilginin azalması gösterilmektedir. Ayrıca patent çalışmalarının başvuru tarihinden 18 ay sonra yayınlanması da son 2 yıldaki verilerin daha az görünmesine sebep olmaktadır (Alvarez-Meaza vd., 2020).

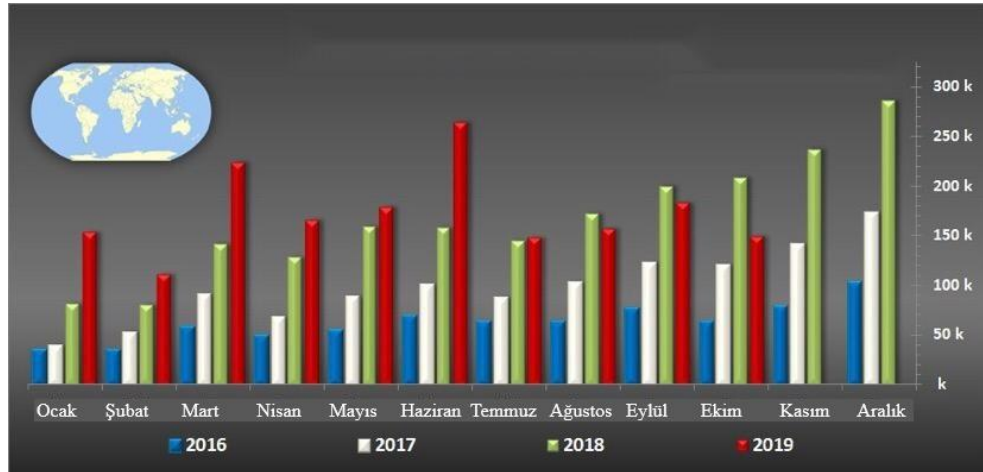


**Şekil 4.** Yakıt Hücreli Elektrikli Araç Endüstrisindeki Her Teknoloji Grubunun Patent Oranları (Shi, Cai ve Song, 2019).

Çalışma kapsamında son olarak Şekil 4'te yakıt hücreli elektrikli araç endüstrisindeki her bir teknoloji grubundaki patentlerin miktarı gösterilmiştir. Bu bağlamda yakıt hücreli elektrikli araç endüstrisinde, "membran elektrot montajı", "sıcaklık yönetimi", "güç dönüştürücü ve invertör" gibi teknoloji alanlarında nispeten daha fazla patent çalışması bulunduğu ve "yakıt hücresi yığı", "hidrojen depolama", "motor", "ikincil pil" ve "dönüşüm" gibi teknoloji alanlarında ise nispeten daha az patent bulunduğu ifade edilmektedir (Shi vd., 2019).

### Elektrikli Araçların Satış Oranları ve Geleceğe Yönelik Teknoloji Öngörülleri

Elektrikli araçlar ile ilgili patent analizlerinin incelendiği bu çalışma kapsamında elektrikli araçların satış oranlarından da bahsetmenin faydalı olacağı düşünülmüştür. Bu bağlamda Şekil 5'te görülen grafiksel veriler, çalışma kapsamında ele alınmıştır.



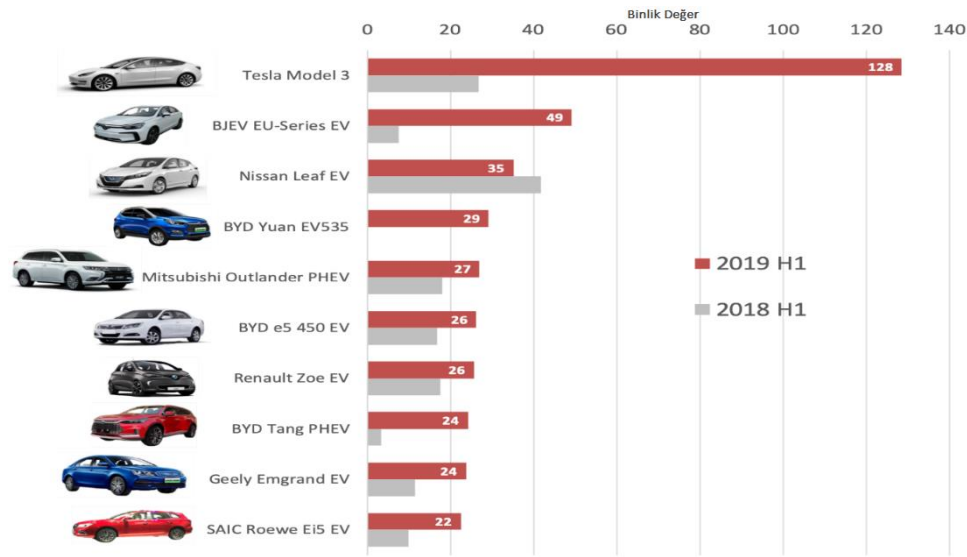
Şekil 5. Plug-in Hibrit ve Tam Elektrikli Araçların Dünya Genelindeki Satış Oranları (Kane, 2019).

Yukarıda da görüldüğü üzere Şekil 5'te 2016 yılından 2019 yılına kadar dünya genelindeki satış oranları aylık olarak gösterilmiştir. Bu oranlar incelendiğinde plug-in hibrit ve tam elektrikli araçların satış oranlarında, 2019 yılının Ağustos ayına kadar sürekli bir artış yaşandığı görülmektedir. Fakat 2019 yılının Ağustos ayından itibaren satış oranları azalmaya başlamış ve özellikle ekim ayında satış miktarı



149.500 adet civarına kadar gerileyerek, bir önceki yılın aynı ayına göre %28'lik bir düşüşün yaşandığı saptanmıştır (Kane, 2019).

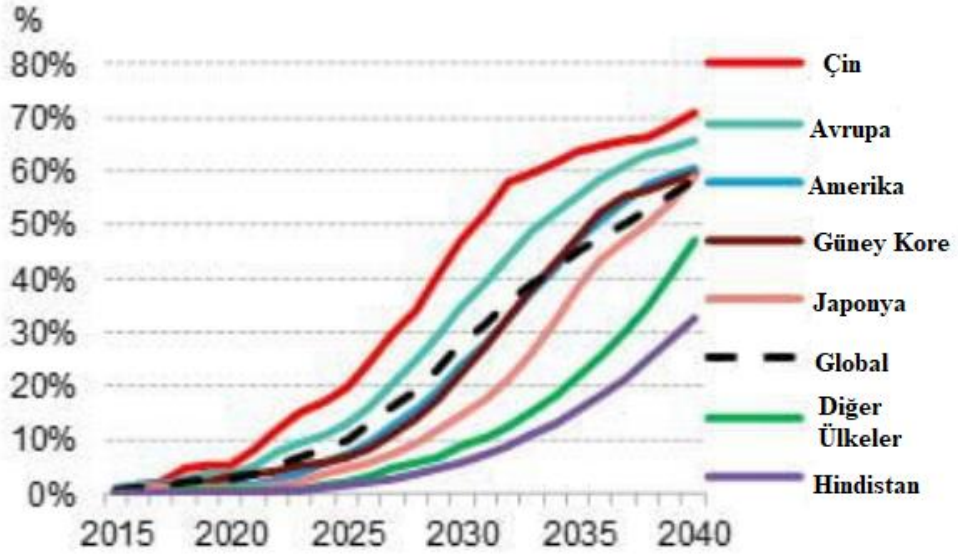
Çalışmanın bu bölümünde global düzeyde en çok tercih edilen 10 elektrikli aracın satış oranları ele alınmaktadır. Bu araçların satış oranlarına dair veriler 2019'un ilk yarısını kapsamakta ve bu oranlar, bir önceki yılın ilk yarısındaki verilerle birlikte incelenmektedir.



Şekil 6. Dünya Geneline En Çok Tercih Edilen Elektrikli Araçların Satış Adetleri (Irle, 2019).

Şekil 6'da görüldüğü üzere Tesla, Model 3 serisi modeliyle dünyanın en çok satılan elektrikli aracı olmayı başarmıştır. Özellikle 2019 yılının ilk yarısında, 2018'in ilk yarısına göre satış oranlarını dört katına çıkaran Tesla'nın, Model 3 serisiyle 2019 yılı sonunda toplam satış oranlarının 300.000-400.000 adet olması beklenmektedir. Satış oranlarında ikinci sırada yer alan BAIC'in Bjev EU serisi, firmanın EC serisine göre oldukça gelişmiş olması nedeniyle 2019 satış oranlarını arttırarak, henüz yılın ilk yarısında 49.000 adet satışa ulaşmayı başarmıştır. Listede üçüncü sırada yer alan Nissan Leaf ise 2019 yılında, her ne kadar bir önceki yılın ilk yarısına göre satış oranlarında bir düşüş yaşasa da yerini korumayı başarmıştır. BYD'nin Yuan EV 535 serisi aracı ise yeni üretilen bir araç olmasına

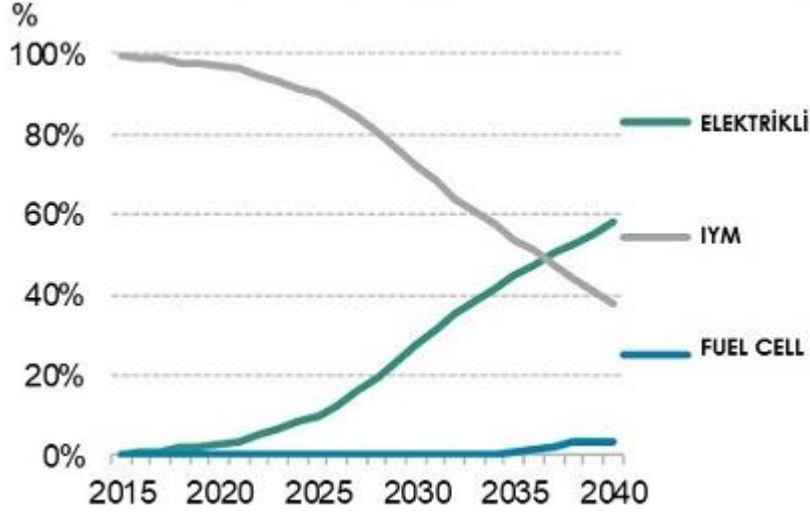
rağmen 2019'un ilk yarısında 29.000 adet gibi ciddi bir satış rakamını yakalayarak listede dördüncü sırada yerini almıştır (Irle, 2019). Mitsubishi'nin Outlander PHEV serisi aracı ise 27.000 adetlik satış rakamıyla beşinci sırada yerini alırken, altıncı ve yedinci sırada 26.000'lik satış rakamıyla BYD'nin e5 serisi ve Renault'un Zoe serisi araçları yer almaktadır. Yine BYD'nin farklı bir modeli olan Tang PHEV serisi aracı 24.000'lik satış rakamıyla sekizinci sırada yerini alırken, aynı satış rakamına sahip olan, Geely'nin Emgrand EV serisi aracı dokuzuncu sırada yerini almıştır. Listenin son sırasında ise 22.000 adetlik bir satış rakamıyla, SAIC'in Roewe Ei5 EV model aracı bulunmaktadır.



**Şekil 7.** Bölgelere Göre Yeni Binek Otomobil Pazarında Elektrikli Araçların Uzun Vadeli Payı (BloombergNEF, 2020).

Şekil 7'de yer alan verilere göre elektrikli ve içten yanmalı araçların fiyat paritesinin 2020 yılının yarısından sonra dengeleneceği düşünülmektedir. Fakat Hindistan ve Japonya'da düşük segmentteki içten yanmalı araçlar çok ucuza bulunabildiği için bu ülkelerde fiyat paritesinin dengelenmesinin 2030 yılına kadar süreceği öngörülmektedir. Çin ve Avrupa'da elektrikli araç satışlarının 2030 yılından itibaren %70'in üzerine çıkması beklenmektedir. Ayrıca ABD'nin önümüzdeki birkaç yıl içerisinde elektrikli araç pazarının gerisinde kalacağı fakat 2030 yılından itibaren pazardaki diğer rakiplerine yetişeceği tahmin edilmektedir.

Son olarak Güney Kore'nin evlerde şarj problemini çözmesi halinde, arkasındaki güçlü hükümet desteği ve pil üretim teknolojisindeki tecrübesiyle beraber ciddi bir yükselme ivmesi yakalayacağı düşünülmektedir (BloombergNEF, 2020).



Şekil 8. Dünya Binek Otomobil Pazarında Motor Seçeneğine Göre Oranlar  
(BloombergNEF, 2020).

BloombergNEF tarafından hazırlanan rapora göre, 2020 yılında Covid-19 salgını nedeniyle içten yanmalı motorlu (IYM) araçların satış oranında %22'lik, elektrikli araçların satış oranında ise %18'lik bir azalmanın gerçekleşeceği ön görülmektedir. Ayrıca Şekil 8'de de görüldüğü gibi içten yanmalı motorlara sahip araçların satış oranlarındaki azalmanın artarak devam edeceği, bu durumun da elektrikli araç satış oranlarını ciddi bir şekilde arttıracığı düşünülmektedir. Özellikle 2040'ın kırılma yılı olacağı ve bu yıl içerisinde binek otomobillerin %58'inin araç filolarının ise %31'inin elektrikli otomobillerden oluşacağı tahmin edilmektedir. Son olarak, elektrikli otomobillerin yaygınlaşması neticesinde günlük 17,6 milyon varillik petrol talebinin önleneyeceği ve küresel elektrik talebinin %5,2 artacağı tahmin edilmektedir.

Yukarıda yapılan öngörüler ve incelemeler neticesinde elektrikli araçların yakın gelecekte ciddi bir şekilde yaygınlaşacağı ve bununla beraber birtakım eksikliklerin oluşacağı tespit edilmiştir. Özellikle enerji açısından ortaya çıkacak eksikliklerin giderilmesi noktasında yaşanacak sıkıntılara olası çözümler üretilmesi

gerekmektedir. Küresel bazda oluşacak olan %5,2'lik enerji açığının kapatılması için yatırım yapan ülkelerin bu işten oldukça kârlı çıkması kaçınılmazdır. Bu bağlamda yerli elektrikli otomobil (TOGG) üretimiyle oldukça önemli bir adım atan Türkiye'nin en kısa zamanda elektrik üretim kapasitesini arttırıcı hamleler yapması son derece kritiktir.

Elektrikli araçlara yönelik yapılacak yatırımlar sadece elektrik üretimiyle sınırlı kalmamalı, elektrikli araçlar için şarj istasyonları da yaygınlaştırılmalıdır. Aksi takdirde seri üretimi yapılacak olan yerli elektrikli araçların kullanım alanları kısıtlanacaktır. Bu durum yalnızca yerli otomobiller açısından değil, global otomobil üreticilerinin ülkemize göndereceği elektrikli araçlar açısından da oldukça önemlidir. Elektrikli araçlar ile ilgili olarak ele alınacak olan son eksiklik ise batarya problemidir. Bataryalarının ömrünün sınırlı olması ve belli bir kullanım süresi sonunda değişime muhtaç olması elektrikli araçların en önemli problemlerini oluşturmaktadır. Bu problemi gören birçok ülke batarya teknolojilerine yatırım yapmaya başlamış ve bazı global şirketler batarya teknolojisinde gelişmiş olan firmaları satın almaya başlamıştır. Türkiye'nin de gittikçe büyüyen elektrikli otomobil pazarında söz sahibi olabilmesi için bahsedilen alanlarda ivedilikle yatırım faaliyetlerine başlaması son derece gerekli görülmektedir.

### **Elektrikli Askerî Araçlar**

Dünya genelinde oldukça dikkat çeken bir teknoloji olarak ortaya çıkan ve günümüzde öneminin giderek arttığı açıkça görülen elektrikli araç teknolojisi, özellikle son yıllarda askerî araçlar üzerinde etkin bir şekilde kullanılmaya başlanmıştır. Böyle bir teknolojinin askerî araçlara uyarlanması başlıca sebebi muharebe sahasında ısı ve ses yayılımının azaltılması yoluyla, düşman tarafından fark edilme düzeyinin minimuma indirilmesidir. Bununla beraber elektrikli askerî araçlarda yakıt tasarrufunun sağlanması da ekstra bir fayda olarak ortaya çıkmaktadır.

Elektrikli askerî araç teknolojisine yönelik yapılan AR-GE çalışmalarının desteklenmesi açısından Avrupa Uzun Vadeli Savunma İş Birliği Programı oldukça önemli katkılar sunmuştur. Bu program kapsamında elektrikli araç teknolojisi açısından oldukça önemli olan “Yakıt Pilleri” ve “Enerji Depolama Sistemleri” ile ilgili çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmalar Türkiye adına, Milli Savunma Bakanlığı AR-GE Dairesi ve TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi tarafından

yürütülmüştür. Türkiye dışında İsveç, İtalya, Hollanda, Finlandiya ve Yunanistan gibi ülkeler de programda yer almışlardır. Bu program kapsamında yapılan AR-GE çalışmaları ışığında, bazı ülkeler kendi elektrikli askerî araçlarını üretebilmek için çeşitli çalışmalar yapmış ve bunun sonucunda ilk prototipler ortaya çıkmıştır. Bu prototiplerin ön planı ise “WIESEL Hafif Zırhlı Elektrikli Paletli Araç” isimli elektrikli askerî araç olmuştur (Ünlü vd., 2003). Elektrikli araç teknolojisinin, askerî araçlara entegre edilmesinin ilk örneklerinden biri olan bu prototip, daha sonra bu alanda yapılacak çalışmaların da şekillenmesinde oldukça önemli bir rol oynayacaktır.

Elektrikli araç teknolojisinin, askerî araçlar üzerindeki uygulamalarının büyük bir kısmı envanterdeki mevcut araçların hibrit veya tam elektrikli hale dönüştürülmesiyle gerçekleşmektedir. Bu durum literatürde hibritleştirme olarak adlandırılmaktadır. Bu bağlamda bir aracın hibritleştirilme seviyeleri aşağıda yer alan Tablo 2’de gösterilmiştir. Ayrıca bu tabloda hibrit araç türlerinin ve tam elektrikli araçların birtakım özellikleri de yer verilmiştir.

**Tablo 2.** Hibritleştirme Seviyeleri  
(Sivakumar, Reginald, Venkatesan, Viswanath ve Selvathai, 2017).

	Başlatma/Durdurma	Mikro Hibrit	Hafif Hibrit	Tam Paralel Hibrit	Tam Seri Hibrit	Tam Elektrikli
Başlatma/Durdurma Modu	✓		✓	✓		
Regeneratif Frenleme		✓	✓	✓	✓	✓
Elektrikli Tork Yardımı			✓	✓		
Elektrikli ve İçten Yanmalı Motor Modu				✓		
Tam Elektrikli Mod					✓	✓
Plug-in Özelliği				✓	✓	✓

Tablo 2’de de görüldüğü üzere yakıt hücreli araçlar hibritleştirme sürecinin dışında bırakılmıştır. Bu durumun başlıca sebebi ise hidrojen gazının teminin ve lojistiğinin muharebe alanlarında son derece tehlikeli olmasıdır.

Elektrikli askerî araçlara yönelik incelemelerden bir diğeri ise ağır vasıta olarak adlandırılan ve askerî tır ve kamyonetleri de bünyesinde barındıran araçlara yönelik yapılan patent ve makale çalışmalarıdır.

**Tablo 3.** Tam Elektrikli Ağır Vasıta Araçlar Alanında En Fazla Makale ve Patent Yayınlayan Bölge ve Ülkeler  
(Naumanen, Uusitalo, Huttunen-Saarivirta ve van der Have, 2019).

Ülke/Bölge	Patentler	% toplam	Makaleler	% toplam	Patentler+ Makaleler	%toplam
Çin	9856	%51	1261	%21	11117	%44
Avrupa Birliği	2214	%11	1594	%26	3808	%15
ABD	1961	%10	1091	%18	3052	%12
Japonya	2691	%14	199	%3	2890	%11
Güney Kore	1764	%9	341	%6	2105	%8

Tablo 3'te yer alan oranlar 2010-2019 yılları arasındaki veriler baz alınarak elde edilmiştir. Tam elektrikli ağır vasıta araçlar ile ilgili en çok patent ve makale çalışması hazırlayan ülkelerin ele alındığı bu çalışmada Çin'in diğer ülkelere olan üstünlüğü dikkat çekmektedir.

Yapılan çalışmada üç temel başlık altında incelenen elektrikli araçlar bu bölümde yine aynı başlıklar altında, askerî araçlardan yalnızca örnekler verilerek incelenecektir. Elektrikli araç teknolojisi, askerî alanda, henüz kara araçları düzeyinde yaygın olarak kullanılsa da ilerleyen zamanlarda bu teknolojinin hava ve deniz araçlarında da yaygın bir şekilde kullanılabilmesi öngörülmektedir.

### 1. Hibrit Askerî Araçlar (HEMV)

Çalışmada ayrıntılı olarak özellikleri açıklanan hibrit teknolojisinin, askerî araçlarda kullanılmaya başlanmasına yönelik en önemli adımlardan biri TÛMOSAN firmasının geliştirmiş olduğu Hibrit Güç Grubu Platformu'dur. Bu platform üzerinde gerekli zırhlama işlemleri yapıldıktan sonra zırhlı personel taşıyıcı olarak kullanılabilir. Temelde üç bölümden oluşan ve tamamen yerli olan bu platformda seri hibrit tahrik sistemi bulunmaktadır.

Platformun birinci bölümünde dizel motor ile elektrikli jeneratör paketi, ikinci bölümünde elektrik motorları ile diğer elektronik üniteler ve üçüncü bölümde ise batarya paketi bulunmaktadır. Bu platform talebe göre özelleştirilebilir modüler bir

yapıdadır. Ayrıca kontrol ünitesi sayesinde, çalışma esnasında, farklı araç isterlerine geçiş yapılabilir. Platform seri hibrit uygulamasında çalışırken jeneratörden gelen enerji ile elektrik motorları beslenmekte ve aynı zamanda batarya da şarj edilebilmektedir. Ayrıca bu seri hibrit uygulamasında, yüksek tork gerektiren bir durumla karşılaşıldığında, batarya deşarj seçeneğine alınabilmektedir. Bu platformun en büyük avantajlarından biri de muharebe alanlarında oldukça sessiz bir şekilde çalışabilmesidir. Böyle durumlarda platformun dizel motoru tamamen durdurulmakta ve elektrikli motor doğrudan batarya üzerinden beslenmeye başlamaktadır. Platform ayrıca rejeneratif olarak da çalışabilmektedir (TÜMOSAN Tanıtım Kitapçığı, 2019). Yani aracın frenleme ve kayma esnasında ortaya çıkardığı enerji, bataryaya aktararak yeniden kullanılabilir hale getirilmektedir. Yukarıda verilen özelliklerden de anlaşılacağı üzere TÜMOSAN firmasının üretmiş olduğu bu platform çalışmada bahsedilmiş olan hibrit elektrikli araçlar grubundaki plug-in hibrit teknolojisi kullanılarak geliştirilmiştir.

Hibrit askerî araçlara yönelik yapılan çalışmalar Türkiye’de olduğu gibi ABD ve Avrupa’da da giderek artmaktadır. Geçmişten günümüze, hibrit askerî araçlar ile ilgili yapılan araştırmalar içerisinde ön plana çıkan çalışmalardan ilki BAE System tarafından üretilen SEP Hibrit-Zırhlı Paletli araçtır. Bu araç ile ilgili ilk çalışmalar 1996 yılında başlamıştır. Hibrit bir yapıya sahip olan bu aracın ilk modeli 2000 yılında paletli olarak üretilirken, 2003 yılında aynı aracın tekerlekli versiyonu da üretilmeye başlanmıştır. Aracın üretilen ilk tekerlekli versiyonu 6x6 iken, 2007 yılında üretilen ikinci versiyonun ise 8x8 olduğu görülmüştür (SEP Modular Armoured Tactical System - Army Technology, 2004).

Hibrit askerî araçlar ile ilgili olarak öne çıkan bir başka gelişme ise 2004 yılında İleri Savunma Araştırma Projeleri Ajansı olan DARPA ile ABD Deniz Kuvvetleri Araştırma Ofisi’nin beraber geliştirdiği Shadow RST-V aracıdır. Bu araç ABD ordusunun uzun yıllar boyunca etkin şekilde kullandığı Humvee’lerin revize edilerek, hibrit hale dönüştürülmesi sonucunda ortaya çıkmıştır. Humvee’ler (High Mobility Multipurpose Wheeled Vehicle) ise Yüksek Hareket Kabiliyetli Çok Amaçlı Tekerlekli Araçlar için kullanılan bir kısaltmadır. Bu araçlar genellikle askerî alanda kullanılmak üzere üretilmiştir. Humvee’lerin bir üst serisi olan Shadow RST-V aracı ise Humvee’lere göre oldukça sessiz bir şekilde çalışmakta ve daha hızlı hareket edebilmektedir. Shadow RST-V aracı keşif, gözetleme, personel ve teçhizat taşıma gibi görevlerinin yanı sıra ambulans olarak da kullanılabilir. Bu

araçlar ayrıca jeneratörün bulunmadığı durumlarda, bataryalarında depolanan enerjiyi askerî komuta merkezlerine aktarabilmektedir (USA Today: Army/Marines testing PHEV Humvees, 2006). Muharebe alanlarındaki işlevselliği, hızlı hareket kabiliyet ve sessiz çalışabilmesi sebebiyle bu araca gölge manasına gelen Shadow ismi verilmiştir.

Çalışma kapsamında ön plana çıkan hibrit askerî araçlardan biri de Ranger isimli askerî araçtır. 2008 yılında Universal Engineering tarafından “Project Ranger” olarak piyasaya sürülen bu araç savaş alanlarında gösterdiği üstün performans ile göze çarpmaktadır. Özellikle engebeli arazilerde oldukça iyi bir performans sergileyen Ranger’ın üreticileri, bu aracı hibrit savaşlar için üretilmiş hibrit bir araç olarak tanımlamaktadır (Eshel, 2009).

2011 yılına gelindiğinde, Humvee’lerin yerini doldurmak için Shadow RST-V’lerin yetersiz kaldığı görülmüş ve ABD ordusundaki mühendisler tarafından yeni bir hibrit askerî araç geliştirilmiştir. Bu araca FED Alpha ismi verilmiş fakat daha sonra araçta yapılan fren sistemi değişikliği ve start-stop gibi özelliklerin eklenmesiyle beraber, aracın ismi FED Beta olarak değiştirilmiştir. Bu araçlar 4,4 litrelik Ford dizel motoruna sahip olmakla birlikte, altı ileri otomatik şanzımanı sayesinde Humvee’lerden çok daha rahat bir kullanım sunmaktadır. Ayrıca FED Beta’da ön aks üzerinde bulunan ve ön tekerlere tahrik sağlayan bir elektrik motoru da bulunmaktadır. Hibrit bir sistemle çalışan bu araçlar Humvee’lere göre iki kat daha az yakıt tüketmekte ve oldukça sessiz çalışmaktadır (Katers, 2012). FED Beta, özellikle yakıt tüketiminde sağladığı tasarruf ve motor performansı nedeniyle, Shadow RST-V’yi geride bırakarak Humvee’lerin yerini almayı başarmıştır.

Çalışma kapsamında son olarak inceleyeceğimiz hibrit askerî araç ABD Askerî Tank, Otomotiv Araştırma, Geliştirme ve Mühendislik Merkezi tarafından üretilen ULV isimli araçtır. Bu araç Ultra Hafif 4x4 Hibrit Zırhlı Araç olarak da adlandırılmaktadır. ULV hafif malzemelerle zırhlıldığı gibi jantları ve lastikleri de oldukça hafif hale getirilmeye çalışılmıştır. Ayrıca ULV, gelişmiş komut, kontrol, iletişim, gözetim ve keşif ekipmanlarıyla donatılmış ve temel otomotiv sistemlerini bünyesinde barındıran ileri teknoloji bir hibrit askerî araç olarak tasarlanmıştır. Bu araç Humvee’lerin ya da bunların gelişmiş bir modeli olan JLTV (Joint Light Tactical Vehicle) isimli askerî araçların yerini alabilmek için değil, sadece test amaçlı kullanılmak için üretilmiş deneysel bir hibrit askerî araçtır (Recognition, 2019). Çalışma kapsamında son olarak ele alınan hibrit askerî araç olan ULV’den sonra da hibrit askerî araçlara yönelik bazı çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmalar



kapsamında her ne kadar yeni bir hibrit askerî araç üretilmesi de mevcut askerî araçlara hibrit sistemler entegre edilmeye çalışılmıştır. İsrail'in 2014 yılında, envanterinde bulunan Merkava Tanklarına hibrit bir sistem entegre etmeye yönelik başlattığı çalışma bu durumun başlıca örneklerinden biri olarak karşımıza çıkmaktadır.

## 2. Yakıt Hücreli Askerî Araçlar (FCEMV)

Yakıt hücreli araçlar, hidrojen gazını yakıt hücrelerinde elektrığe dönüştürülerek normal bir elektrikli otomobil ile benzer bir mantıkta çalışmaktadır. Bu teknolojinin askerî alandaki en net uygulaması, General Motors'un ABD Askerî Tank, Otomotiv Araştırma, Geliştirme ve Mühendislik Merkezi ile birlikte geliştirdiği Chevrolet Colorado ZH2 aracıyla ortaya konulmuştur. General Motors'un Colorado modelinin, ordunun otomotiv ve tank araştırma ekibi ile birlikte geliştirerek oraya çıkardığı Colorado ZH2 modeli, ortaya çıktığı andan itibaren Fuel Cell hidrojen yakıt teknolojisini kullanması nedeniyle oldukça dikkat çekmiştir.

Chevrolet Colorado ZH2'de, hidrojen yakıt hücreleri ile entegre çalışan elektrikli bir motor bulunmaktadır. Yakıt hücrelerinde, araca haricî olarak eklenen hidrojenin yanı sıra havadan elde edilen oksijen de tepkimeye sokulmakta ve bu tepkime sonucunda ortaya çıkan enerji elektrik motoruna aktarılmaktadır. ABD ordusu için geliştirilen bu araç, sahip olduğu tork gücünü en zorlu koşullarda bile aktarabilme yeteneğine sahiptir. Chevrolet Colorado ZH2'nin, herhangi bir çarpışma durumunda, motorun zarar görmesinin engellenmesi için ön ızgarasında ekstradan güçlendirmeler yapılmış ve tüm gövdesi tamamen zırhlanmıştır. Ayrıca bu araçta bulunan bataryalar ile araç içerisinde bulunan tüm sistemler uzaktan kumanda edilebilecek şekilde tasarlanmıştır. Her türlü engebeli araziye adapte olabilen ve yüksekliği 2,13 metre civarında olan Chevrolet Colorado ZH2, bu yüksekliğe göre özel olarak tasarlanmış bir süspansiyon sistemi ve 37 inçlik lastiklerle donatılmıştır (Öğretmenoğlu, 2016). Yakıt hücreli askerî araçlar, oldukça sessiz çalışması, ısı yayılımını minimize etmesi, yakıt tasarrufu sağlaması ve tüm arazi şartlarında üstün bir performans sergilemesi gibi pek çok kullanım avantajı sağlamaktadır. Ancak muharebe alanlarında hidrojen istasyonlarının bulunmaması ve hidrojen teminin oldukça zor ve riskli olması gibi dezavantajlar, yakıt hücreli askerî araçların avantajlarına gölge düşürmektedir.

Günümüzde yakıt hücreli araçlara yönelik yapılan eleştirilerin çoğu hidrojenin yanıcı bir madde olması ve patlamaya oldukça müsait bir yapıda bulunması ile ilgilidir. Ancak bu konuyla ilgili Chevrolet Colorado ZH2 projesinde program yöneticisi ve baş mühendisi olan Brian Butrico yaptığı açıklamalar ile durumun böyle olmadığını ifade etmiştir. Butrico, bilinenin aksine, saf hidrojenin doğrudan ateş ile temas etmedikçe patlamasının oldukça güç olduğunu ve araç içi hidrojen bileşimlerinin doğru hazırlanması durumunda, bu araçların patlama riskinin son derece düşük olacağını vurgulamıştır (Judson, 2017). Son zamanlarda yakıt hücreli araç teknolojilerinin gelişmesiyle beraber otomotiv endüstrisinde oluşan genel kanıda Butrico'nun açıklamasını destekler niteliktedir. Genel olarak yakıt hücreli araçların, LPG'li araçlarla hemen hemen aynı oranda patlama riski taşıdığı düşünülmektedir.

### 3. Tam Elektrikli Askerî Araçlar (BEMV)

Tam elektrikli araçlarda, diğer türlerdeki elektrikli araçların aksine, herhangi bir içten yanmalı motor veya yakıt hücreli bir sistem bulunmamaktadır. Bu tür araçlarda yalnızca bir elektrik motoru ile bataryalar yer almaktadır. Bu teknolojinin askerî alandaki uygulaması, diğer elektrikli araçlarda olduğu gibi, yine kara araçları üzerinden yapılabilmektedir. Bu alandaki en etkili örneklerden biri ise Otokar'ın zırhlı keşif ve silah platformu olarak tasarladığı AKREP II aracıdır. Bu araç orduların güncel ve gelecek ihtiyaçlarına cevap verebilmek için tasarlanmıştır. Her ne kadar AKREP II aracı tam elektrikli olarak üretilmiş olsa da dizel ve hibrit gibi alternatif güç gruplarının kullanılmasına da imkân sağlayacak bir alt yapıya sahiptir.

Bir keşif ve gözetleme aracı olarak üretilen AKREP II, hâlihazırda sahip olduğu bataryalar ile yaklaşık 250 kilometrelik bir menzile ulaşabilmektedir. Ancak Otokar'ın devam eden çalışmaları sonucunda bu menzilin yaklaşık olarak 450 kilometreye kadar çıkartılabileceği öngörülmektedir. Dünyanın en iyi zırhlı keşif araçlarından biri olarak görülen AKREP II, üç kişilik personel ekibiyle idare edilebilmekte ve 90 milimetreye kadar ana silaha sahip olan kuleler ile donatılabilmektedir. Ayrıca 13.500 kg ağırlığında olan bu araç, düz bir zeminde saatte 110 kilometrelik bir hıza ulaşabilmektedir (Görgüç, 2019).

Askerî keşif araçlarının, muharebe alanlarında etkili bir şekilde kullanılabilmesi için öncelikle düşük bir silüete sahip olması, sessiz çalışabilmesi ve düşük bir termal ize sahip olması gerekmektedir. Kısacası düşman birliklerine

oldukça yakın çalışmak zorunda olan bu araçlar, gerektiğinde muharebe alanında saklanabilecek kadar küçük, düşman birlikleri tarafında duyulamayacak kadar sessiz ve termal sistemlere yakalanmayacak kadar da düşük sıcaklıkta çalışabilmelidir. AKREP II, ideal bir askerî keşif aracında olması gereken tüm özellikleri bünyesinde barındırmaktadır. Özellikle yere yakın tasarımıyla fark edilme düzeyini minimuma indiren bu araç, aynı zamanda gövdesinin yerden yükseltilmesiyle de olası bir mayın tehdidinden korunmayı sağlamaktadır. Ayrıca bu araç, elektrikli bir motora sahip olduğu için oldukça sessiz çalışabilmekte ve içten yanmalı motora sahip bir araca göre son derece düşük seviyelerde ısı salınımı yapmaktadır (Akalin, 2019). AKREP II zırhlı keşif aracında, düşük de olsa ısı salınımına neden olan parçalar için dahi önlem almak için, bu parçalar tekerlerin arkasına yerleştirilmiştir. Böylece aracın termal sistemler tarafında tespit edilmesi oldukça güçleşmiştir.

Çalışma kapsamında son olarak ele alınan bir diğer tam elektrikli askerî araç ise 2018 yılında ilk prototipi üretilen ve Nikola Motors tarafından geliştirilen Reckless isimli araçtır. Bu araç, şirketin 2017 yılında üretmiş olduğu NZT isimli aracının militarize edilmesi sonucunda ortaya çıkmıştır. Reckless'in boyutlarının küçük olması, muharebe alanlarında hedef olma riskini azaltmakta ve kullanım rahatlığı sunmaktadır. Bu aracın tam elektrikli olmasının yanı sıra araçta son teknoloji soğutma sistemlerinin de kullanılması, aracın hem sessiz çalışmasını sağlamakta hem de ısı yayılımını minimuma indirerek termal kameralar tarafında tespit edilmesini zorlaştırmaktadır. Ayrıca Reckless modüler olarak tasarlandığı için uzaktan kumandalı silah sistemleri gibi birçok teknoloji ve bileşenler, gerektiğinde araca kolayca entegre edilebilmektedir. Bu araç dört adet motora sahip olduğu için, bunlardan biri hasar görse dahi yüksek performansla çalışmaya devam edebilmektedir. Reckless tüm bu özelliklerinin yanı sıra bir metre derinlikteki bir suda yaklaşık 30 dakika boyunca herhangi bir arıza vermeden durabilmekte ve ürettiği yüksek tork sayesinde engebeli veya karlı arazilerde rahat bir sürüş imkânı sağlamaktadır (Nikola Corp. Reckless, 2019). Özellikle yakıt hücreli araç teknolojisine yaptığı yatırımlar ile ön plana çıkan Nikola Motors, üretmiş olduğu Reckless modeliyle, hem tam elektrikli araç üretebilecek kapasitesinin bulunduğunu hem de askerî araç üretimi konusunda gerekli altyapıya sahip olduğunu ispat etmeyi hedeflemektedir.

## Sonuç

Hazırlanan bu çalışma kapsamında öncelikle patent, patent analizi ve ileri patent analizi kavramları incelenmiş, daha sonra ise elektrikli araçların ortaya çıkışı ve türleri ele alınmıştır. Yapılan yerli ve yabancı literatür taraması sonucunda elektrikli araçların temelde üç farklı çeşidinin bulunduğu tespit edilmiş ve bu çeşitlerin hibrit, yakıt hücreli ve tam elektrikli olarak adlandırıldığı görülmüştür. Bu türler arasındaki farklılıklar ortaya konulduktan sonra elektrikli araç teknolojilerine yönelik yapılan patent analizleri incelenmiş ve bu teknolojinin gidişatına yönelik çıkarımlarda bulunulmuştur.

Yapılan patent analizleri içerisinde öncelikle 2015-2016 yılları arasındaki en fazla patent koruma başvurusu yapılan ilk 10 ülke incelenmiş ve bu ülkeler arasında Çin'in ilk sırada yer aldığı görülmüştür. Çin'in en çok patent koruma başvurusu yapılan ülke olmasının başlıca nedeni, seri üretim tesislerinin fazla olması gösterilmektedir. Ayrıca Çin'i takiben ilk 10'da yer alan Almanya, ABD, Japonya, Avusturya, Fransa, Rusya, İngiltere ve Güney Kore gibi ülkelerin de önemli birer pazar olduğu anlaşılmaktadır. Bunun dışında üç veya daha fazla Avrupa ülkesinde koruma başvurusu yapılacaksa bunun yerine Avrupa Patent Sözleşmesine (EP) başvurulması tavsiye edilmektedir.

Konu ile ilgili incelenen bir diğer patent analizinde ise 2005-2015 yılları arasında elektrikli araçlar için daha kullanışlı ve yeni bir batarya teknolojisi olan lityum iyon bataryalara yönelik en fazla patent çalışması yapan ilk altı şirket incelenmiştir. Bu ilk altı firma arasında, Ube Industries Ltd. (Ube), Mitsubishi Chemical Holdings Corp. (Mitsubishi Chem.), Panasonic Corp. (Panasonic) ve Sony Corp. (Sony) olmak üzere dört Japon şirketi; LG Chemical Ltd. (LG Chem.) ve Samsung SDI Co., Ltd. (Samsung SDI) olmak üzere iki Güney Koreli şirket bulunmaktadır. Tablo 1'de her ne kadar Japon şirketleri daha fazla olsa da ilk iki sırada Güney Koreli şirketler yer almaktadır. Bu çalışma hazırlanırken 4598 adet patent alınmış ve bunlar arasından, 2406 patent kullanılmıştır. Bu incelemenin ardından yine lityum iyon batarya teknolojisindeki en fazla ileri atif sayısına sahip olan on patentin hangi firmalara ait olduğu ele alınmış ve burada Japon (7) firmaların, Güney Koreli (3) firmalara göre daha önde olduğu tespit edilmiştir.

Çalışma kapsamında incelemeye tabi tutulan başka bir patent analizi verisi ise, yakıt hücreli elektrikli araçlar ile ilgilidir. Bu incelemede 1999-2019 yılları arasında yakıt hücreli elektrikli araçlara yönelik yapılan patent çalışmalarının sayıları ele

alınmıştır. Çalışmanın sonucunda ise, yakıt hücreli elektrikli araçlara yönelik yapılan patent çalışmalarının 2016 yılına kadar artış eğilimi gösterdiği fakat bu yıldan sonra tam tersi bir eğilimin olduğu ve bu azalışın 2019'a kadar ciddi şekilde devam ettiği görülmüştür. Bu durumun başlıca sebebi olarak da yakıt hücreli araçlara yönelik ilginin azalması gösterilmektedir. Patentlerin başvurulduktan sonra yayınlanma süresinin 18 ay olması da son iki yıl içerisinde yaşanan ciddi düşüşlerin başka bir sebebi olarak ortaya çıkmaktadır.

Yakıt hücreli elektrikli araçlara yönelik yapılan diğer incelemelerde de yakıt hücreli elektrikli araç endüstrisindeki başlıca teknoloji gruplarındaki patent miktarları incelenmiştir. Sonuç olarak, "membran elektrot montajı (%23)", "sıcaklık yönetimi (%19)", "güç dönüştürücü ve invertör (%17)" gibi teknoloji alanlarında nispeten daha fazla patent çalışması bulunduğu ve "yakıt hücresi yığını (%11)", "hidrojen depolama (%9)", "motor (%8)", "ikincil pil (%7)" ve "dönüşüm (%6)" gibi teknoloji alanlarında ise nispeten daha az patent bulunduğu tespit edilmiştir.

İncelenen patent analizlerinden sonra, elektrikli araçların global düzeyde yaygınlık durumunu tespit etmek amacıyla, bu araçların dünya genelindeki satış rakamları incelenmiştir. Bu bağlamda öncelikle 2016-2019 yılları arasındaki veriler ele alınmıştır. Tam elektrikli ve plug-in hibrit araçların satış rakamları 2016'dan 2019'a kadar ay bazlı bir incelemeye tabi tutulmuştur. Böylece önceki yılların aynı ayındaki satış rakamlarındaki artış ve azalışların daha rahat görülebilmesi amaçlanmıştır. Ayrıca bu bölümde, son olarak global düzeyde en çok tercih edilen 10 elektrikli aracın satış rakamları da detaylı olarak ele alınmıştır. Çalışmanın bu bölümünde en çok dikkat çeken konu yakıt hücreli otomobillerin, incelenen satış listelerinde kendine yer bulamamasıdır. Bu durumun başlıca nedeni ise, çalışmanın önceki kısımlarında da belirtildiği üzere, bu araçların hidrojen istasyonlarının oldukça az olması ve hidrojen kaynaklı oluşabilecek tehlikelerden çekinilmesidir. Bu bölümle ilgili göze çarpan bir diğer önemli nokta ise plug-in hibrit araçların, düz hibrit araçlara göre satış listelerinde daha çok yer bulmasıdır. Bu durumun başlıca nedeni ise, plug-in hibrit araçların şehir içinde sabit bir menzil ve hızda kullanılması halinde içten yanmalı motora ihtiyaç duymaması ve böylece yakıt tasarrufunu maksimum düzeye çıkarabilmesidir.

Bu çalışmada ayrıca 2040 yılına kadar tahmini satış verileri incelenerek, geleceğe yönelik teknoloji öngörülerinde bulunulmuştur. Bu bağlamda elektrikli araçların giderek yaygınlaşacağı ve 2040 yılına gelindiğinde elektrikli araçların,

binek otomobillerin %58'ini, araç filolarının ise %31'ini kapsayacağı tahmin edilmektedir. Ayrıca petrol tüketiminin günlük 17,6 milyon varil azalacağı ve küresel elektrik talebinin ise %5,2 artacağı öngörülmüştür. Elektrikli araç pazarında ise başta Çin ve Avrupa'nın 2030 yılından itibaren satış oranları %70'in üzerine çıkarmaları beklenmekte ve ABD'nin de önümüzdeki birkaç yıl pazarın gerisinde kalması durumunda bile uzun vadede pazardaki rakiplerine yetişeceği sonucuna varılmıştır. Son olarak Japonya ve Hindistan'da elektrikli ve içten yanmalı araçların fiyat paritesinin 2030 yılı itibariyle ancak dengeleneceği öngörülmektedir.

Çalışma kapsamında geleceğe yönelik teknoloji öngörülerinin yapılmasından sonra elektrikli araç teknolojisindeki önemli eksiklikler tespit edilmiştir. Yapılan bu tespitler neticesinde, oluşacak enerji açığı, batarya teknolojisinin yetersizliği ve şarj istasyonlarının yaygın olmaması gibi problemler ön plana çıkmıştır. Bu bağlamda Türkiye'nin yatırım yapması gereken alanlar belirlenmiş ve bu konuda zamanında atılacak adımların, son derece ciddi ekonomik getiriler sağlayacağı ifade edilmiştir.

Elektrikli araç teknolojilerine yönelik yapılan tüm bu bilgilendirme, inceleme ve analizlerin sonucunda, bu teknolojinin gelişim düzeyi, avantajları ve dezavantajları tespit edilmiştir. Yapılan bu tespit neticesinde elektrikli araç teknolojilerinin askerî alandaki kullanımı ve avantajları göz önünde bulundurularak çeşitli atılımların yapıldığı ve birçok prototipin üretildiği görülmüştür. Özellikle düşük ısı ve ses yayılımı sağlayan elektrikli araçların muharebe alanlarında etkin bir şekilde kullanılabilmesi tespit edilmiştir.

Son olarak, elektrikli araçlar bölümünde tam elektrikli, yakıt hücreli ve hibrit askerî araçlar incelenmiş ve askerî araçların hibritleştirme seviyeleri ele alınmıştır. Bu bölümde ayrıca askerî tır ve kamyonları da içeren ağır vasıta araçlarına yönelik yapılan bir patent çalışması incelenmiştir. Bu çalışma kapsamında, 2010-2019 yılları arasında, tam elektrikli ağır vasıta araçlar ile ilgili en fazla makale ve patent çalışması yayınlayan ülke ve bölgeler ele alınmıştır. Bu bağlamda patent alanında Çin'in dikkat çekici bir üstünlüğe sahip olduğu, fakat patent alanında üçüncü sırada yer alan Avrupa Birliği'nin makale yayınlama oranında Çin'i geçtiği görülmektedir. Japonya ise patent oranlarında Çin'den sonra ikinci sırada yer almasına rağmen, makale çalışmalarında son sırada yer almıştır. Patent ve makale çalışmalarının toplamı ele alındığında ise ülke ve bölgelerin, Çin (%44), Güney Kore (%18), Avrupa Birliği (%15), ABD (%12) ve Japonya (%11) şeklinde sıralandığı tespit edilmiştir.

---

### Extended Summary

The main purpose of this study is to identify the progress of electric vehicle technology by demonstrating its advantages and disadvantages and to examine the practices of this technology on military vehicles. In this study, the emergence of electric vehicles, types, sales rates and patent analysis for these vehicles were examined. In the last part of the study, electric military vehicles are discussed in terms of their types.

At the beginning of the study, the concept of patent, patent analysis and advanced patent analysis are explained because patent analysis for electric vehicles to be made in the following sections can be better understood. After these concepts were explained, the emergence and types of electric vehicles were examined, so the necessary information about electric vehicles gathered and the conceptual infrastructure of electric military vehicles which will be mentioned in the last section was created. Electric vehicles; hybrid, fuel cell and full electric are covered under three different headings, and electric military vehicles are examined under these headings.

Within the scope of patent analysis for electric vehicles, the top 10 countries with the most patent protection applications between 2015-2016 were examined. Other patent analysis studies focused on the top six patent-making companies for lithium-ion batteries, a more useful and new battery technology for electric vehicles between 2005 and 2015.

Another patent analysis data, which is subject to review within the scope of the study, relates to fuel cell electric vehicles. In this review, the number of patent studies on fuel cell electric vehicles between 1999-2019 has been discussed. Furthermore, the investigations into fuel cell electric vehicles examine patent amounts in major technology groups in the fuel cell electric vehicle industry.

After the patent analysis, sales rates of these vehicles worldwide were examined to determine the prevalence of electric vehicles at the global level. In this context, the data from 2016 to 2019 are examined. Sales rates for fully electric and plug-in hybrid vehicles have been subject to monthly inspections from 2016 to 2019. Thus, it is aimed to see the increase and decrease in sales rates more easily in the same month of previous years. In detail, the sales rates of the top 10 most preferred electric vehicles at the global level are discussed in detail, and by 2040, estimated sales data were reviewed and future technology predictions were made.

In the last part of the study, electric military vehicles were examined under three different titles as hybrid, fuel cell and full electric and hybridization levels of military vehicles were discussed. In this context, many of the important work carried out on electric military vehicles are examined and try to show what advantages and disadvantages these vehicles have. This section also examines a patent study for heavy vehicles, including military trucks. Turkish scientists work on electric military vehicles in recent years has also been discussed in this section, aimed at promoting domestic military vehicle technologies. Within the scope of the study, important studies in Turkey for electric military vehicles, as well as important studies in the world were discussed, thus trying to address the deficiency in the literature on the subject.

As a result of all these information, inspections and analyses of electric vehicle technologies, the level of development, advantages and disadvantages of this technology have been determined. As a result of this determination, it has been observed that various break throughs have been made and many prototypes have been produced considering the use and advantages of electric vehicle technologies in the military field. It has been discovered that electric vehicles, which provide low heat and sound emission, can be used very effectively in combat areas.

### Kaynakça

#### Kitaplar

- Armaoğlu, F. (1987). *20. Yüzyıl Siyasi Tarihi 1914-1980* (4.Baskı). Ankara: Türkiye İş Bankası Kültür Yayınları.
- Chan, C. C., ve Chau, K. (2001). *Modern Electric Vehicle Technology*. Oxford University Press.
- Çetindamar, D., Phaal, R. ve Probert, D. (2013). *Teknoloji Yönetimi Faaliyetler ve Araçları*. Efil Yayınevi.
- TÜMOSAN Tanıtım Kitaplığı. (2019).
- Ünlü, N., Karahan, Ş., Tür, O., Uçarol, H., Özsu, E., Yazar, A. ve Tırıs, M. (2003). *Elektrikli Araçlar*. Tübitak Yayınları.

#### Makaleler

- Alvarez-Meaza, I., Zarrabeitia-Bilbao, E., Rio-Belver, R. M. ve Garechana-Anacabe, G. (2020). Fuel-cell Electric Vehicles: Plotting a Scientific and



- Technological Knowledge Map. *Sustainability (Switzerland)*, 12(6).  
<https://doi.org/10.3390/su12062334>
- Chan, C. C. (1993). An Overview of Electric Vehicle Technology. *Proceedings of the IEEE*, 81(9), 1202–1213. <https://doi.org/10.1109/5.237530>
- Chan, C. C. (2007). The State of the Art of Electric, Hybrid, and Fuel Cell Vehicles. *Fellow IEEE*, 95(4), 704–718. <https://doi.org/10.1109/JPROC.2007.892489>
- Clarke, I. ve Piterou, A. (2019). Range Extenders: An Innovative Approach to Range Anxiety in Electric Vehicles. *International Journal of Automotive Technology and Management*, 19(1–2), 104–124. <https://doi.org/10.1504/IJATM.2019.098517>
- Clement-Nyns, K., Haesen, E. ve Driesen, J. (2010). The Impact of Charging Plug-In Hybrid Electric Vehicles on a Residential Distribution Grid. *IEEE Transactions on Power Systems*, 25(1), 371–380. <https://doi.org/10.1109/TPWRS.2009.2036481>
- Daim, T. U., Rueda, G., Martin, H. ve Gerdri, P. (2006). Forecasting emerging technologies: Use of bibliometrics and patent analysis. *Technological Forecasting and Social Change*, 73(8), 981–1012. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2006.04.004>
- Emadi, A., Lee, Y. J. ve Rajashekara, K. (2008). Power Electronics and Motor Drives in Electric, Hybrid Electric, and Plug-In Hybrid Electric Vehicles. *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, 55(6), 2237–2245. <https://doi.org/10.1109/TIE.2008.922768>
- Kerem, A. (2014). Elektrikli Araç Teknolojisinin Gelişimi ve Gelecek Beklentileri. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 5(1), 1–13.
- Keskin, A. (2009). Hibrid Taşıt Teknolojileri ve Uygulamaları. *Mühendis ve Makine Dergisi*, 50(597), 12–20.
- Lee, M. T. ve Su, W. N. (2020). Search for the Developing Trends by Patent Analysis: A Case Study of Lithium-Ion Battery Electrolytes. *Applied Sciences (Switzerland)*, 10(3), 90–95. <https://doi.org/10.3390/app10030952>
- Muratoğlu, Y. ve Akkaya, A. (2015). Elektrikli Araç Teknolojisi ve Pil Yönetim Sistemi-İnceleme. *Elektrik Mühendisliği Dergisi*, 458, 10–14.
- Naumanen, M., Uusitalo, T., Huttunen-Saarivirta, E. ve Van der Have, R. (2019). Development Strategies For Heavy Duty Electric Battery Vehicles: Comparison Between China, EU, Japan and USA. *Resources, Conservation*

*and Recycling*, 151(June), 104413. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.104413>

Shi, X., Cai, L. ve Song, H. (2019). Discovering Potential Technology Opportunities for Fuel Cell Vehicle Firms: A Multi-Level Patent Portfolio-Based Approach. *Sustainability (Switzerland)*, 11(22). <https://doi.org/10.3390/su11226381>

Sivakumar, P., Reginald, R., Venkatesan, G., Viswanath, H. ve Selvathai, T. (2017). Configuration Study of Hybrid Electric Power Pack For Tracked Combat Vehicles. *Defence Science Journal*, 67(4), 354–359. <https://doi.org/10.14429/dsj.67.11454>

Tollefson, J. (2010). Hydrogen Vehicles: Fuel of the future? *Nature*, 464(7293), 1262–1264. <https://doi.org/10.1038/4641262a>

### Raporlar

BloombergNEF. (2020). *Electric Vehicle Outlook 2020*.

### Web Siteleri

Akalın, C. (2019). *Elektrik Bataryalı İç Güvenlik Aracı AKREP- II ve URAL Özel Harekât Aracını ilk defa IDEF'19 da Sergileyecek*. 10 Kasım 2019 tarihinde, <https://www.defenceturkey.com/en/content/otokar-elektrik-bataryali-ic-guvenlik-araci-akrep-ii-ve-ural-ozel-harekat-aracini-ilk-defa-idef-19-da-sergileyecek-3444>. adresinden alınmıştır.

Eshel, T. (2009). *Ranger: a Hybrid Vehicle designed for Hybrid Battle*. 07 Aralık 2019 tarihinde [https://defense-update.com/20090918\\_ranger.html](https://defense-update.com/20090918_ranger.html) adresinden alınmıştır.

Görgüç, S. (2019). *Otokar, AKREP II ile “Silahlı Keşif”i Yeniden Tanımlıyor*, 10 Kasım 2019 tarihinde <http://www.milscint.com/tr/otokar-akrep-ii-ile-silahli-kesifi-yeniden-tanimliyor/> adresinden alınmıştır.

Irle, R. (2019). *Global EV Sales for the 1st Half of 2019*. . 07 Aralık 2019 tarihinde <http://www.ev-volumes.com/country/total-world-plug-in-vehicle-volumes/> adresinden alınmıştır.

Judson, J. (2017). *Hydrogen Fuel Cell Technology Could Bring Stealth to Army Vehicles*. 17 Ekim 2019 tarihinde <https://www.defensenews.com/land/2017/04/03/hydrogen-fuel-cell-technology-could-bring-stealth-to-army-vehicles/> adresinden alınmıştır.

- Kane, M. (2019). *Global EV Sales In October 2019 Shrunk 28%: Tesla Extends its Lead*. 07 Aralık 2019 tarihinde <https://insideevs.com/news/385302/global-ev-sales-october-2019/> adresinden alınmıştır.
- Katers, N. (2012). *U.S. Army Previews FED Beta Hybrid Vehicle - Greener Ideal*. 07 Aralık 2019 tarihinde <https://greenerideal.com/news/vehicles/0508-us-army-previews-fed-beta-hybrid-vehicle/> adresinden alınmıştır.
- Nikola Corp. (2019). *Reckless*, 10 Aralık 2019 tarihinde, <https://nikolamotor.com/reckless> adresinden alınmıştır.
- Öğretmenoğlu, O. (2016). *General Motors ve Honda'dan Hidrojen Yakıtlı Otomobiller İçin Tarihi Karar*. 26 Mayıs 2019 tarihinde, <https://www.log.com.tr/chevrolet-colorado-zh2-savasmaya-hazir-galeri/> adresinden alınmıştır.
- Recognition, A. (2019). *ULV Ultra Light Vehicle 4x4 hybrid armoured* (2013).07 Aralık 2019 tarihinde, [https://www.armyrecognition.com/us\\_army\\_wheeled\\_and\\_armoured\\_vehicle\\_uk/ulv\\_ultra\\_light\\_vehicle\\_4x4\\_hybrid\\_armoured\\_technical\\_data\\_sheet\\_specifications\\_description\\_pictures.html](https://www.armyrecognition.com/us_army_wheeled_and_armoured_vehicle_uk/ulv_ultra_light_vehicle_4x4_hybrid_armoured_technical_data_sheet_specifications_description_pictures.html) adresinden alınmıştır.
- SEP Modular Armoured Tactical System - *Army Technology*. (2004). 07 Aralık 2019 tarihinde, <https://www.army-technology.com/projects/sep/> adresinden alınmıştır.
- USA Today: *Army/Marines testing PHEV Humvees*. (2006). 07 Aralık 2019 tarihinde, <http://www.calcars.org/calcars-news/299.html> adresinden alınmıştır.





## **Kurum Temelli Görüş ve Stratejinin Üçayağı Perspektifi: Yazın Taraması\***

Hasan BOZTOPRAK\*\*

### **Öz**

*Çalışmanın amacı, 2000 yılı itibariyle uluslararası yazınında önemli bir yer edinen kurum-temelli görüş ve beraberinde gelişen stratejinin üçayağı perspektifinin kuramsal olarak incelenmesidir. Bu çerçevede çalışmada öncelikle kurum-temelli görüş ve stratejinin üçayağı perspektifi kavramsal olarak ele alınmış, daha sonra da stratejik yönetim yazınındaki gelişimine dair bir yazın taraması gerçekleştirilmiştir. Kronolojik inceleme ile yapılan yazın taraması, görüşün kavramsal olarak nasıl ortaya çıktığına, hangi aşamalardan geçerek kuramsal özelliklerini kazandığına, günümüz stratejik yönetim yazınında nerede konumlandığına ve gelecekte nasıl bir çalışma alanı olabileceğine ışık tutmaktadır. Peng'in 2000 yılındaki çalışması ile kavramsal olarak ortaya çıkan görüş, yine Peng'in öncülüğünü yaptığı araştırmacılar sayesinde geçen yirmi yıllık süreçte önemli bir gelişim göstermiş ve özellikle firma stratejisi ile performansını açıklama noktasında kaynak-temelli görüş ve konumlanma okulumu tamamlayıcı bir yer edinmiştir. Yazındaki çalışmalar, görüşün, birlikte anıldığı stratejinin üçayağı perspektifinden ayrılıp başlı başına bir stratejik yönetim yaklaşımı olmaya doğru gittiğini göstermektedir. Bununla beraber metodolojik olarak jenerik bir anlayışın ortaya çıkmadığı da görülmektedir. Fakat arka planındaki kurumsal kuramın ve kurumsal iktisadın sahip olduğu kuramsal gücün ortaya koyduğu varsayımlar ve yapılan ampirik çalışmalar neticesinde edindiği perspektif dolayısıyla ileride önemli bir kuramsal argüman olacağı düşünülmektedir.*

**Anahtar Kelimeler:** Kurum Temelli Görüş, Stratejinin Üçayağı Perspektifi, Kaynak Temelli Görüş, Endüstri Temelli Görüş.

---

\* Bu çalışma, Bursa Uludağ Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme Anabilim Dalı, Doktora Programı kapsamında Prof. Dr. Mehmet ERYILMAZ tarafından yönetilen "Kurum, Endüstri ve Kaynak Bazlı Faktörlerin Firma Performansı Üzerine Etkisine İlişkin Bir Araştırma" başlıklı doktora tezinden elde edilmiştir.

\*\* Dr. Öğr. Üyesi, Beykent Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İşletme (İngilizce) Bölümü, hasanboztoprak@beykent.edu.tr, ORCID: 0000-0002-7560-367X.

Geliş Tarihi/Received : 04.03.2020  
Kabul Tarihi/Accepted : 12.08.2020  
Araştırma Makalesi/Research Article  
DOI: 10.17134.khosbd.813442

## Institution-Based View and Strategy Tripod Perspective: A Literature Review

### *Abstract*

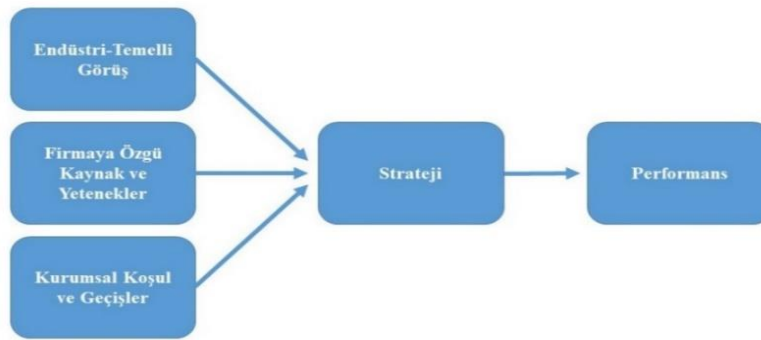
*The aim of this study is to examine theoretically institution-based view and strategy tripod perspective that has gained an important place in the international literature as of 2000. In this context, first of all, the strategy tripod perspective and institution-based view are conceptually discussed and then a literature review about the development of view in the strategic management literature was conducted. The literature review through chronological analysis sheds light on how the view conceptually emerged, how it gained theoretical properties, where it is located in today's strategic management literature, and how it could be a research field in the future. The view that emerged conceptually with Peng's work in 2000 has taken a complementary place to the resource-based view and positioning school at the point of explaining the firm strategy and performance. Thanks to the researchers pioneered by Peng, the view has made significant progress over the past two decades. Studies in the literature demonstrate that view is now beginning to detach from the strategy tripod perspective. And the view gains ground to be a strategic management approach in itself. However, it is observed that a methodologically generic understanding does not arise. However, I believe that view will be an important theoretical argument in the future due to the theoretical strength of the institutional theory and institutional economics behind it, the assumptions it puts forward and the perspective gained as a result of the empirical studies.*

**Keywords:** *Institution-Based View, Strategy Tripod Perspective, Resource-Based View, Industry-Based View.*

### **Giriş**

Firmalar arası performans farklılığının ve rekabet avantajının sebebinin açıklanması, stratejik yönetim alanında önemli bir kuramsal ve ampirik meseledir (Martin vd., 2014: 74; Hawawini vd., 2003: 1). Bu meseleyi açıklamaya yönelik olarak 2000'li yıllara kadar yazında iki görüş öne çıkmaktadır. Bu görüşler, endüstri temelli görüş ya da genel kullanılan ismiyle konumlanma okulu (Porter, 1980) ve kaynak temelli görüştür (Barney, 1991). Fakat stratejik yönetim içerisindeki en önemli argümanlardan birisi olan rekabet avantajı ve firma performansı olgularının

açıklanmasında kapsamlı yaklaşımların eksikliği yazında göze çarpmaktadır. Hoskisson ve arkadaşları, stratejik yönetim için çizdikleri gelecek perspektiflerinde, kurumsal bağlamdan dolayı rekabet avantajı olgusunun evrenselleştirilmesinde sorun olduğunu ifade etmektedir. Yazarlar, belirli bir kurumsal bağlamda iyi sonuç veren stratejinin, örgüt yapısının ve yönetim mekanizmalarının başka kurumsal bağlamlarda aynı sonucu ortaya çıkaramayacağını ifade etmekte ve kurumsal yapıları da dikkate alan çalışmaların gerekliliğine vurgu yapmaktadır (Hoskisson vd., 1999:445). Benzer şekilde gelişmiş ekonomilerle yükselen ekonomiler arasındaki kurumsal farklılıklar da eski görüşlerin etkisini azaltmakta (Peng vd., 2008: 923) ve gelişmekte olan ülkelerdeki strateji araştırmaları için önemli bir görüş olarak kurumsal kuramı öne çıkarmaktadır (Nguyen vd., 2013: 69). Yine stratejik seçim kuramını esas alan geleneksel görüşler, örgütlerin kanıksanmış ve kurumsal çevrenin baskıları sonucu ortaya çıkan davranışlarını tam olarak açıklayamamaktadır. Nitekim örgütler, her zaman teknik sisteme bağlı olarak stratejik seçim gerçekleştirmemekte, bazı durumlarda kurumsal çevrenin dayatmalarına boyun eğmektedir (Eryılmaz, 2004: 42). Bu çerçevede endüstri ve kaynak temelli görüşlerin tamamlayıcısı olarak ortaya çıkan ve örgüt alanındaki kurumsal kuram ile kurumsal iktisattan (Peng vd., 2018: 4; Peng vd., 2009) beslenen kurum temelli görüş, stratejik yönetim alanında önemli bir kuramsal araç haline gelmiştir. Görüş, geleneksel görüşlere bir alternatif olmayıp onları tamamlayıcı bir nitelik taşımaktadır. Şekil 1’de gösterilen bu durumu Peng, stratejinin üçayağı (strategy tripod) olarak açıklamaktadır (Peng, 2009: 15).



**Şekil 1.** Stratejinin Üçayağı: Stratejik Yönetimde Üç Önemli Perspektif  
(Peng, 2009: 15)

Görüş, öncülüğünü Mike Peng'in yaptığı bir grup akademisyen tarafından (Liu vd., 2012; Krull vd., 2012; Ahn ve York, 2011; Ahuja ve Yayavaram, 2011; Xie vd., 2011; Gao vd., 2010; Kim vd., 2010; Mahlich, 2010; Shinkle ve Kriauciunas, 2010; Meyer vd., 2009; Peng vd., 2009; Peng, 2009; Peng vd., 2008; Yamakawa vd., 2008; Meyer ve Peng, 2005; Peng, 2002) firmaların strateji ve performanslarının açıklanmasında (Monticelli vd., 2017: 359) son zamanlarda yoğun olarak kullanılmaktadır. Bugün ulaştığı nokta itibariyle aile işletmeleri, uluslararası işletme stratejileri, girişimcilik, teknoloji yönetimi, ilişkisel yönetim, kurumsal çeşitlendirme (Peng vd., 2018: 4) gibi çalışma alanlarında kuramsal argüman olarak ele alınmıştır.

Kurum temelli görüş ile ilgili olarak ulusal yazında yeterli sayıda kavramsal ya da ampirik çalışmaya (Bağış ve Hızıroğlu, 2017; Taş ve Cevrioğlu, 2015) rastlanmamıştır. Uluslararası yazındaki çalışmaların 2010 sonrasında yoğunlaştığı görülmektedir. Buna karşın görüş, ulusal yazında yeterli ilgiyi görmemiştir. Yükselen ekonomiler bağlamında tartışılabilir uygun argümanlar içermesi dolayısıyla ulusal yazında yer bulması gerektiği düşünülmektedir. Bu çerçevede çalışmanın, kapsamlı bir yazın taraması içermesi dolayısıyla kurum temelli görüşün ulusal yazında tartışılmasını sağlayacağı beklenmektedir.

### **Kavramsal ve Kuramsal Çerçeve**

Kurum temelli görüşün kuramsal hareket noktası, ülkeler arası kurumsal farklılıkların firmalar arasında ne gibi farklılıklara yol açtığını sorgulayan bakış açısıdır. Görüşün ortaya çıkmasında, Sovyet sistemi sonrası ortaya çıkan geçiş ekonomileri ile diğer liberal ekonomilerin karşılaştırılmasına yönelik çalışmalar etkili olmuştur (Peng ve Heath, 1996). Nitekim bu görüşü farklı kılan, firmaya özgü avantajların yanında kurumsal bağlamdan kaynaklanan ülkeye özgü avantajların rolünü de ön plana çıkarmasıdır (Yaprak vd., 2018: 199). Görüşün kavramsal olarak ortaya çıkışı Peng'in 2000'li yıllardaki çalışmalarına dayanmaktadır (Peng, 2002; Peng, 2000). Peng 2009 yılındaki bir çalışmasında, kurum temelli görüş kavramını tercih ederek sosyoloji ve iktisat yazınlarındaki kurumsal tartışmaların sentezini yaptığını şu şekilde açıklamaktadır;

*“...Kurum temelli görüş kavramının benimsenmesinin nedeni yazındaki karmaşadan kaynaklanmakta olup disiplinler arası bir çatışmadan kaçınmayı amaçlamaktadır...Yazındaki “kurumsal*



*kuram” kavramı genellikle kurumsal yazının sosyolojik versiyonunu yansıtmaktadır (DiMaggio ve Powell, 1983). North (1990) tarafından temsil edilen iktisadi versiyon genellikle “kurumsal iktisat” olarak isimlendirilmiştir. Strateji araştırmalarının disiplinler arası doğasından dolayı, “kurumsal kuram” ya da “kurumsal iktisat” kavramlarını kullanmak karmaşaya neden olabilir. Dahası iktisat ve sosyoloji arasında önemli ölçüde karşılıklı nüfuz söz konusudur...” (Peng vd., 2009: 74).*

Görüşe ilişkin çalışmalar 2000’li yıllarda yoğunlaşsa da Peng ve arkadaşlarının kavramsallaştırma açıklamasında da görüleceği üzere paradigma olarak ortaya çıkışı 1990’lı yıllardaki North’un (1990), Steidlmeier’in (1993) ve Oliver’in 1991 ve 1997 yıllarındaki çalışmalarına kadar geriye götürülebilir. North (1990), kurumların tercih ve ekonomik performansı nasıl etkilediğini detaylı olarak açıklayarak bu alandaki kuramsal yolu açmıştır. Oliver, firmaların kurumsal çevreye karşı izleyebilecekleri beşli stratejik tepki tipolojisini ortaya koyarak bu tepkilere bağlı on beş taktik sunmuştur (Oliver, 1991). Bu çalışmasıyla Oliver bir bakıma, kurumsalcı perspektifin belirlenimci olmadığına dair görüşlere kapı aralamıştır (Ferreira vd., 2009: 33). Steidlmeier ise kurumsalcı bakış açısının paradigma olarak stratejik yönetim alanına nasıl bir yenilik katacağına vurgu yapmıştır. Yönetim kurumsalcılığı (management institutionalism) kavramını ortaya atarak teknik çevrenin dışında kalan yapıların stratejik yönetim için önemini belirtmiştir. Yazar, kavramın ortaya çıkışında sebep olarak artan rekabeti, toplam kalite yönetimini ve teknolojik değişimi göstererek kavramın stratejik yönetim araştırmaları içerisinde hangi bağlam ve içerikle ele alınabileceğine ışık tutmuştur (Steidlmeier, 1993). Ingram ve Silverman ise geçiş ekonomilerinin ortaya çıkmasını, ticari faaliyetlerin uluslararasılaşmasını, teknolojik gelişmeleri, kurumsal çöküşleri ve kurumlar arasındaki uzlaşma ve çatışmaları göstermektedir (Ingram ve Silverman, 2002: 2). Peng ve arkadaşları, eleştirel bir yaklaşım sunarak, gelişmiş ülkelerde geliştirilen kuramların (kaynak ve endüstri temelli görüşler), gelişmekte olan ülkelerdeki bazı sorunları açıklamakta yetersiz kalmasını yeni görüş için gerekçe olarak göstermektedir. Yazarlara göre gelişmekte olan ülkeler, gelişmiş ülkelerdeki gibi güçlü kurumsal yapılara sahip değildir. Bu durum bazı sorunların anlaşılması için sadece teknik çevreye odaklanmanın yetersiz olacağını, arka plandaki kurumsal çevreye de bakılması gerekliliğini ortaya çıkarmıştır (Peng vd., 2008: 922). Nitekim geleneksel strateji kuramları, dışsal öğeler olarak teknik çevrenin ötesine

geçmemekte, formel ve informel kurumsal yapıları geri planda değerlendirmektedir (Peng vd., 2009: 66). Oysaki gelişmekte olan ülkelerde, kurumlar hem ulusal düzeyde hem de firma düzeyinde inovasyon, adaptasyon ve performans gibi konularda merkezi bir role sahiptir (Ahn ve York, 2011: 260).

Böylesi kurumsal dayanaklara sahip olan kurum temelli görüş iki varsayım üzerinden hareket etmektedir. Birincisi, yöneticilerin ve dolayısıyla firmaların çıkarlarını ussal olarak izledikleri ve belirli bir kurumsal çevredeki formel ve informel kısıtlar altında seçim yapabildikleridir. İkincisi ise formel kurumların belirsiz ya da yetersiz olduğu durumlarda belirsizliğin azaltılmasında informel kurumların önemli bir rol oynadığıdır (Peng, 2009: 101). İlk varsayım görüşün sınırlı ussallık varsayımını kabul ettiğini göstermektedir. İkinci varsayım ise formel ve informel kurumların birbirlerini telafi ettiklerini varsaymaktadır (Peng vd., 2009: 66).

Kurum temelli görüş, örgütler ve kurumlar arasındaki etkileşime odaklanarak, stratejik tercihin ve firma performansının bu etkileşimin bir sonucu olduğunu öne sürmektedir (Gao vd., 2010: 381; Peng, 2002: 253). Özellikle bu fikir, bir yerde görüşün stratejik yönetim alanındaki konumunu belirginleştirmektedir. Peng'e göre kurum temelli görüş; stratejik tercihlerin ve firma performansının sadece firmaların sahip oldukları içsel (kaynak ve yetenekler) ve sektörel (endüstri yapısı) dinamiklerin değil bunların dışında bulunan formel ve informel kurumsal dinamiklerin de ürünü olduğunu (Peng vd., 2008: 923) ve firmaların strateji belirlerken devlet ve toplum gibi nüfuz kaynaklarını hesaba katmaları gerektiğini öne sürmektedir (Peng, 2009: 93). Çünkü belirli bir kurumsal çevrede gömülü olan firmalar, kurumsal bağlama bağlı olarak performanslarını optimize etmeye çalışmaktadır (Monticelli vd., 2017: 360). Kurum temelli görüş çerçevesinde toplumsal düzeydeki etkiler öne çıkmaktadır (Su vd., 2015: 2). Bu konuda Peng'in ilk çalışmalarındaki yaklaşımı oldukça açıklayıcıdır.

*“...Bugün örgütler ve kurumlar arasındaki ilişkinin öneminin fazlasıyla farkındayız. İşletme stratejisine ilişkin (geliştirilen) kurum temelli görüş, kurumsal çevreyi bağımsız bir değişken olarak ele alarak örgüt – (kurumsal) çevre arasındaki dinamik etkileşime odaklanmakta ve stratejik tercihleri bu etkileşimin bir sonucu olarak görmektedir. Stratejik tercihin, geleneksel strateji araştırmalarının öne sürdüğü gibi yalnızca endüstri koşullarının ve firmaya özgü kaynakların bir sonucu olmadığı, karar vericilerin karşı karşıya*

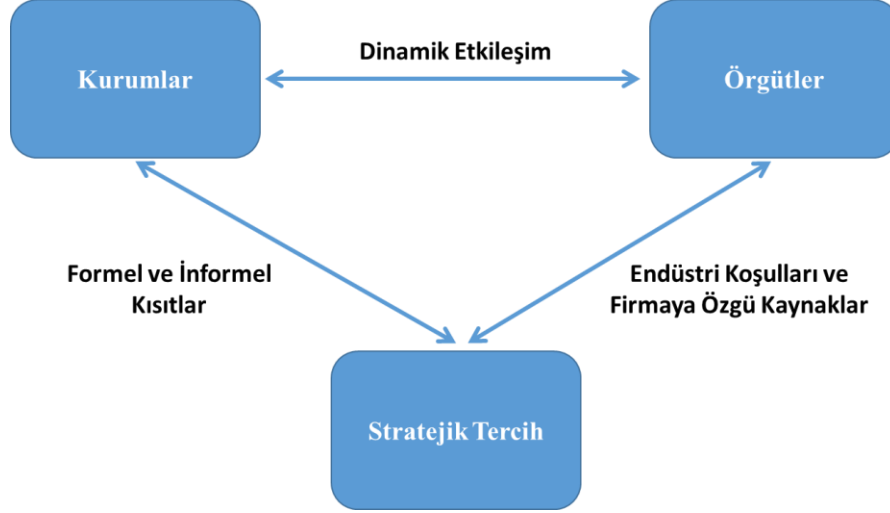
*olduğu kurumsal çevrenin formel ve informal kısıtlarının bir yansıması olduğu belirgindir...” (Peng, 2002: 253).*

Kurumsal çevrenin firmaların stratejik tercih ve performansları üzerindeki söz konusu etkisi; düzenleyici, normatif ve bilişsel faktörlerin kolaylaştırıcı – izin verici ya da engelleyici – kısıtlayıcı rolleri yoluyla gerçekleşmektedir (Ngo vd., 2016: 2912). Nitekim kurumlar; çıkar, toplumsal mecburiyet ve kanıksanmış tutumlar dolayısıyla örgütleri, yasa ve düzenlemeler gibi formel ve kültür, norm ve gelenek gibi informal sınırlandırmalar çerçevesinde hareket etmeye zorlamaktadır (Maksimov vd., 2017: 855).

### **Kurum Temelli Görüşün Stratejik Yönetim Yazınındaki Gelişimi**

Peng, “farklı ülkelerdeki firmaların stratejileri neden farklılaşmaktadır?” sorusundan hareketle çeşitli firma stratejilerini (tedarikçi, girişimci, çeşitlendirme, büyüme) incelediği çalışması neticesinde kaynak temelli görüşle bütünleşik olarak kurum temelli görüşü (institution-based view) öne sürmüştür. Yazar bu görüşü ortaya koyarken, Şekil 2’de gösterilen kurum, örgüt ve stratejik tercih arasındaki etkileşimden hareket etmiştir. Bu çalışmasında Peng, kurum temelli görüşü şu şekilde izah etmektedir.

*“...gelişmiş ekonomilerdeki kurumsal çerçeve, firmaları belirli bir stratejiyi seçmeye itmekte ve diğerlerini seçmeyi kısıtlamaktadır (Peng ve Heath, 1996). Bugün, örgütler ve kurumlar arasındaki ilişkinin öneminin fazlasıyla farkındayız. Kurumlar bağımsız değişken olarak ele alındığında, kurum temelli görüş, kurum ve örgütler arasındaki dinamik etkileşime odaklanmakta ve stratejik tercihi, bu etkileşimin bir sonucu olarak görmektedir. Stratejik tercihler, geleneksel strateji araştırmalarının üzerinde durduğu gibi sadece firmaya özgü kaynaklar ve endüstri koşullarına (Barney, 1991; Porter, 1980) bağlı bir durum olmayıp aynı zamanda; karar alıcıların karşılaştığı belirli kurumsal sistemin formel ve informal yansımasıdır (Oliver, 1997; Scott, 1995)...” (Peng, 2002: 253).*



**Şekil 2.** Kurumlar, Örgütler ve Stratejik Tercih  
(Peng, 2002: 253)

2005 yılında Meyer ile olan çalışmasında ise kaynak temelli görüşe ek olarak endüstri temelli görüşü (örgütsel iktisat) ekleyerek kurum temelli görüşün temellerini atmıştır (Meyer ve Peng, 2005). Peng, Wang ve Jiang ile 2008 yılında yaptığı bir çalışmasında ise kurum temelli görüşü daha somut bir çerçevede ele almıştır. Yazarlar, uluslararası işletmecilik bağlamında, kurum temelli görüşün kaynak ve endüstri temelli görüşlerin tamamlayıcı olarak firma davranış ve performansını nasıl etkileyebileceğine ışık tutmuşlardır (Peng vd., 2008: 929). Peng bu çalışmasıyla bir anlamda kurum temelli görüşün kuramsal çerçevesini ortaya koymuştur. Yamakawa ve arkadaşları da kurum temelli görüşü uluslararası girişimcilik bağlamında ele alarak yükselen ekonomilerdeki (emerging economies) firmaların gelişmiş ülkelere yönelik olarak yürüttükleri uluslararasılaşma faaliyetlerinin, stratejinin üçayağı perspektifi çerçevesinde incelenebileceğini kavramsal olarak göstermişlerdir. Yazarlar ayrıca kurum temelli görüşün ölçümünde Scott'un (Scott, 2005; Scott, 2003; Ruef ve Scott, 1998) tanımladığı düzenleyici, normatif ve bilişsel kurumsal faktörlerin kullanılabilirliğini göstererek görüşe metodolojik bir açılım kazandırmışlardır (Yamakawa vd., 2008). Peng ve arkadaşları, Rumelt, Schendel, ve Teece'in 1994 yılında yaptıkları çalışmada stratejik yönetim disiplini için saptadığı dört temel soruya (Firmalar neden farklılaşmaktadır, Firmalar nasıl davranmaktadır, Firmaların kapsamını belirleyen

nedir, Küresel ölçekte firmaların başarı ve başarısızlıklarını belirleyen nedir?) kurum temelli görüşün ne ölçüde cevap verebileceğini inceleyerek bir anlamda stratejik yönetim içerisindeki konumunu tartışmışlardır (Peng vd., 2009: 68; Rumelt vd., 1994). Aynı yıldaki başka bir çalışmada Peng, bu sorulara cevap üretmeye yönelik kurum temelli yaklaşımın iki temel savı olduğunu öne sürmektedir. Bu savlardan ilki, yönetici ve firmaların belirli bir kurumsal çevredeki formel ve informal kısıtlar (sınırlı ussallık) altında tercih yaptıkları ve çıkar güttükleridir. İkincisi ise formel ve informal kurumların bütün olarak firma davranışlarını yönlendirirken; bazı durumlarda formel kısıtların belirsiz ya da etkisiz olabilmesi ve bu durumda belirsizliğin azaltılmasında ve yöneticilerin/firmaların istikrar kazanmasında informal kısıtların önemli bir rol oynayabilmesidir (Peng, 2009: 101). Söz konusu bu formel ve informal kurumların neler olduğuna dair Peng ve arkadaşları, North (1990) ve Scott'un (1995) kurumsal faktörlerini (pillars) birleştirerek aşağıdaki Tablo 1'de gösterilen eklektik bir anlayışı ortaya koymuştur.

**Tablo 1.** Kurumların Boyutları

Formelleşme Derecesi (North, 1990)	Örnekler	Destekleyici Faktörler (Scott, 1995)
Formel Kurumlar	Yasalar Regülasyonlar Kurallar	Düzenleyici (Zorlayıcı)
Informel Kurumlar	Normlar Kültür Etik	Normatif Bilişsel

**Kaynak:** Mike W. Peng, Sunny Li Sun, Brian Pinkham ve Hao Chen, (2009), "The Institution-Based View as a Third Leg for a Strategy Tripod", *Academy of Management Perspectives*, 23(3), s. 64.

2009 yılındaki bu iki çalışmasıyla Peng, bir yandan görüşün içeriğine dair saptamalar yaparak görüşün çalışma alanlarını belirlemiş, bir yandan da görüşün hareket noktası olabilecek varsayımları tanımlamıştır. Nitekim görüşe dair Peng'in ortaya koyduğu kapsam ve içerik çerçevesinde ampirik çalışmalar da bu tarihten itibaren ortaya çıkmıştır. Bu çalışmalardan ilkinin gerçekleştiren Meyer, Peng'in de yer aldığı bir ekiple yapmış olduğu çalışmada kurum temelli görüşü kaynak temelli görüş ile birlikte ele alarak kuramsal olarak birbirini nasıl tamamladığını incelemiştir. Bu çalışmada yazarlar, Hindistan, Mısır, Güney Afrika ve

Vietnam'daki yabancı firmaların tercih ettikleri giriş stratejilerinin (sıfırdan yatırım–greenfield, satın alma ve ortak girişim) kurumsal bağlama (güçlü ve zayıf kurumların olmasına) ve firmanın gerek duyduğu kaynağın niteliğine göre nasıl farklılaştığını ampirik olarak göstermişlerdir. Çalışma sonuçlarına göre, güçlü kurumsal yapıların bulunduğu ülkelere giriş yapan firmalar, satın alma ya da sıfırdan yatırım stratejisini izlemektedir (Meyer vd., 2009: 74).

Kim ve arkadaşları tartışmayı biraz daha ileriye taşıyarak kurum temelli görüş çerçevesinde kurumsal değişimin farklı aşamalarında uluslararası çeşitlendirmenin firma performansı üzerindeki etkisini incelemişlerdir. Yazarlar, formel ve informal kurumların kendi aralarındaki ihtilafın yüksek olduğu dönemle düşük olduğu dönemdeki bazı firma davranışlarının farklı sonuçlar üreteceğini bulmuşlardır. Yazarlar ayrıca zayıf ya da az gelişmiş piyasa kurumlarının bulunmasından dolayı firmaların, diğerlerine göre daha az küresel ölçekte transfer edilebilir spesifik kaynaklara sahip olduğu sonucuna ulaşmışlardır (Kim vd., 2010: 1156). Mahlich ise Japonya'da 1980'lerden sonra yaşanan kurumsal değişimin firmaların stratejik tercihlerinde ve performanslarında nasıl bir etki ettiğini ilaç endüstrisi üzerine yaptığı ampirik çalışma ile incelemiştir. Yazar, kurumsal değişimle birlikte ilaç endüstrisinde eski kişisel ilişkilere dayalı ticari faaliyetlerin yerini araştırma yapmaya ve patent elde etmeye bıraktığını yani bir anlamda firmaların davranışlarında değişikliğe yol açtığını ortaya koymuş; fakat elde edilen patent sayısı ile firma performansı arasında bir ilişki bulamamıştır (Mahlich, 2010). Shinkle ve Kriauciunas da benzer şekilde farklı düzeylerde kurumsal gelişmişliğe sahip ülkelerdeki firmaların ihracat faaliyetlerini inceledikleri çalışmalarında, kurumsal gelişimin ihracat faaliyetlerini etkilediğini, diğer bir ifadeyle az gelişmiş kurumların bulunduğu ülkelerdeki firmaların uyguladığı stratejilerin gelişmiş kurumların bulunduğu ülkelerdeki firmaların uyguladıkları stratejiden farklı olduğunu ampirik olarak göstermiştir (Shinkle ve Kriauciunas, 2010: 284). Gao ve arkadaşları da endüstri, kaynak ve kurum temelli görüş (stratejinin üçayağı perspektifi) çerçevesinde firmaların ihracat stratejilerini ve performanslarını incelemişlerdir. Yazarlar, yükselen ekonomilerde, kurumsal çevrenin firma kaynakları ve endüstri yapısı kadar ihracat stratejileri üzerinde de etkili olduğunu göstermişlerdir (Gao vd., 2010: 392). Ahn ve York da, Meyer ve arkadaşları (2009) gibi kurum temelli görüşü kaynak temelli görüş ile bütünleştirerek, Malezya'daki biyoteknoloji endüstrisinin gelişimini ele almıştır. Yazarlar yaptıkları ampirik çalışmada, bir endüstrinin gelişimi için gerekli olan kurumsal desteğin, endüstriye ve ülkeye bağlı olduğu

sonucunu bulmuşlardır (Ahn ve York, 2011: 271). Ahuja ve Yayavaram ise kurum temelli görüşü iktisadi rant tanımlamalarından hareketle ele almakta ve tanımladığı nüfuz rantının (influence rent) oluşumunda; piyasa problemlerini gidermek için ortaya çıkan çeşitli kurumların ve piyasayı düzenleyici mekanizmaların başarısızlığı sonucu örgütlerin genel bağlamda geçerlilik arz eden kaçınma ve manipülasyon stratejilerine yönelmesini etken olarak göstermektedir (Ahuja ve Yayavaram, 2011). Xie ve arkadaşları da stratejinin üçayağı (strategy tripod) perspektifi çerçevesinde çok uluslu işletmelerin giriş sonrasında izledikleri stratejileri incelemiştir. Yazarlar, düzenleyici (regulative) nitelikteki kurumsal uzaklığın firmaya özgü maddi olmayan kaynaklarla (uluslararası deneyim) ilişkili olarak firmanın yatırım yapılan ülkedeki stratejik konumunu etkilediğini ampirik olarak ortaya koymuştur (Xie vd., 2011: 486).

Krull ve arkadaşları, Yeni Zelanda'daki mühendislik danışma firmalarının uluslararasılaşmasını ele aldıkları çalışmalarında, stratejinin üçayağı perspektifini kullanmış, kaynak ve yeteneklerin, safhalara ayırdığı uluslararasılaşma sürecinin neredeyse her aşamasında önemli olduğunu buna karşın endüstri faktörlerinin ve kurumsal yapıların bazı safhalarda önem arz ettiğini ortaya koymuşlardır (Krull vd., 2012: 1112). Liu ve arkadaşları da kurumlar ile aile işletmelerinin yapıları ve performansları arasındaki ilişkiyi kurum temelli görüş çerçevesinde incelemiş ve kurumsal çevrenin aile işletmelerinin performanslarını etkileyebileceğini kavramsal olarak tartışmışlardır (Liu vd., 2012). Wang ve arkadaşları da, Çin firmalarının ihracat performanslarını kurum temelli görüş çerçevesinde incelemiş ve dışardan teknoloji satın almanın ihracat performansını olumlu etkilediği sonucuna ulaşmıştır (Wang vd., 2013: 1087). Nguyen ve arkadaşları Vietnam'da yaptıkları çalışmada firma performansının, firma stratejisi ve kurumsal çevrenin ortak ürünü olduğu sonucunu bulmuştur. Yazarlar, kurumsal çevrenin, firma performansını hem doğrudan etkilediğini hem de ihracat stratejilerinin firma performansı üzerindeki etkisini kısıtladığı sonucuna ulaşmıştır (Nguyen vd., 2013: 74). Ju ve arkadaşları, ilişkiyel yönetim (kaynak temelli görüş), endüstri belirsizliği (endüstri temelli görüş) ve kurumsal uzaklık (kurum temelli görüş) çerçevesinde ampirik hale getirdiği stratejinin üçayağı üzerinden firmaların ihracat performanslarını açıklamaya çalışmıştır. Yazarlar, kurumsal uzaklığın yüksek, endüstrideki belirsizliğin de düşük olduğu ortamda ilişkiyel yönetimin ihracat performansı için değerli olduğu sonucuna ulaşmışlardır (Ju vd., 2014: 99). Gaur ve arkadaşları, Meyer ve arkadaşlarının (2009) oluşturduğu çerçeveden hareket ederek, kaynak ve kurum temelli görüşleri

birleştirek ihracat firmalarının yurt dışındaki doğrudan yatırım yapma stratejilerini incelemiştir. Yazarlar kurumsal çevrenin (iş gruplarına dahil olma ve kurumsal reformlar) ve firmaya özgü kaynakların (uluslararası yönelim içerisinde olma, teknoloji ve pazarlama), ihracat firmalarının doğrudan yatırıma yönelmesini kolaylaştırdığı sonucuna ulaşmışlardır (Gaur vd., 2014: 18). Banalieva ise geçiş ekonomilerinde yaşanan hızlı reformların senkronizasyon içerisinde gerçekleşmesinin firma performansı üzerinde olumlu etki ettiğini bulmuştur (Banalieva, 2014: 117).

Garrido ve arkadaşları ise kurum temelli stratejik yönetim görüşüne metodolojik bir açılım kazandırmış; formel ve informal kurumların operasyonel hale getirilmesinde görülen bazı açmazları gidermeye yönelik olarak ölçüm alternatiflerinin analizini yapmıştır (Garrido vd., 2014). Young ve arkadaşları, yükselen ekonomilerdeki kurumsal yapıdaki zayıflığın, firmaların stratejik tercihlerini nasıl etkilediğini kavramsal olarak tartışmışlardır (Young vd., 2014). Peng, 2014 yılındaki çalışmasında ise kurum temelli görüş için yükselen ekonomilerden dışarıya doğrudan yabancı yatırım, iflas hukuku ve girişimciliğin geliştirilmesi ile Afrika özelinde araştırmalar olmak üzere üç araştırma alanına dikkat çekmektedir (Peng, 2014). Sun ve arkadaşları “kurumsal açık erişim”<sup>1</sup> kavramını kurum temelli görüş çerçevesinde ele alarak firmaların uluslararasılaşma stratejilerini incelemişler ve ülkenin belirli bölgesinde ortaya çıkan kurumsal açık erişim dolayısıyla o bölgede merkezi bulunan işletmelerin geniş kapsamlı bir uluslararasılaşma içerisine girdiklerini göstermişlerdir (Sun vd., 2015). Su ve arkadaşları, bilgi üretim yeteneğinin firma performansı üzerindeki etkisini stratejinin üçayağı (endüstri, kaynak ve kurum temelli görüşler) ekseninde ampirik olarak incelemişler ve bu etkinin endüstrideki duruma ve kurumsal yapıya bağlı olarak değiştiği sonucuna ulaşmışlardır (Su vd., 2015: 16). Cruz ve arkadaşları da stratejinin üçayağı perspektifi çerçevesinde firmaların sosyal sorumluluk stratejilerini inceledikleri çalışmalarında; ürün düzeyindeki sosyal sorumluluk stratejilerinin (örneğin az zarar veren araç üretmek) üç faktörden de etkilendiğini, firma düzeyindeki sosyal sorumluluk stratejilerinin ise sadece endüstri yapısı ve kurumsal çevre tarafından etkilendiğini bulmuştur (Cruz vd., 2015: 748). Lee ve arkadaşları

---

<sup>1</sup> Kurumsal açık erişim kavramı firma bağlamında; formel kurallarda, firmaların kendi stratejilerini izlemelerini sağlayıcı gelişme olarak tanımlanabilir. Detaylı Bilgi İçin Bakınız: Sunny Li Sun, Mike W. Peng, Ruby P. Lee ve Weiqiang Tan, (2015), “Institutional open access at home and outward internationalization”, *Journal of World Business*, Vol. 50, No. 1, pp. 234–246.



yaptıkları ampirik çalışma ile ülkedeki kurumların olumsuz tutumundan kaçınmak için firmaların ihracata yönediklerini ortaya koymuştur (Lee vd., 2015: 842). Lien ve arkadaşları da aile işletmeleri üzerindeki kurumsal etkileri kurum temelli görüş çerçevesinde incelemişler ve kurumsal reformlar ile işletmelerin aile kontrolüne bağımlılığının azaldığını ve bu bağımlılıktan dolayı performansta görülen olumsuz etkinin giderildiğini göstermişlerdir (Lien vd., 2015). Bu bulguları pekiştirir biçimde Banalieva ve arkadaşları, kurum temelli görüşe zaman faktörünü de dahil ederek dinamik bir mahiyet kazandırmış ve geçiş ekonomilerinde kurumsal reformların kapsamının aile işletmelerinin performansları üzerinde olumlu, buna karşın hızın ise olumsuz etki gösterdiğini öne sürmüşlerdir (Banalieva vd., 2015). Vecchi ve arkadaşları ise Çin ve Hindistan'daki iş gruplarını ve inovasyon performanslarını inceledikleri çalışmalarında iki ülkenin farklılık sergilediğini ortaya koymuşlardır. Yazarlar, Çin firmalarının inovasyon performanslarında devlet sahipliğinin, Hindistan firmalarının inovasyon performanslarında ise düzenleyici kurumsal faktörlerin etkili olduğu sonucuna ulaşmıştır (Vecchi vd., 2015: 22). Konuya ilişkin ulusal yazında görülen nadir çalışmalardan birisi olan Taş ve Cevrioğlu'nun çalışması, kurum temelli görüşe kavramsal açıdan yaklaşarak argümanlarının stratejik yönetim için ne anlam taşıdığını sorgulamaktadır (Taş ve Cevrioğlu, 2015).

Thome ve Medeiros; endüstri, kaynak ve kurum temelli görüşler çerçevesinde firmaların uluslararası işletme stratejilerini incelemişlerdir. Bu kapsamda ortaya çıkan stratejik tercihlerin zaman zaman endüstri zaman zaman firmaların kaynakları, zaman zaman da kurumsal çevre etkisiyle şekillendiğini, bu etkenlerin belirli bir kronolojik seyir izlemediğini ve daha çok birikimli ve etkileşimli bir nitelik taşıdığını göstermişlerdir. Yazarlar, bu etkenlerden ortaya çıkan değişimlerin, firmaların stratejik hedeflerini gözden geçirmelerine yol açtığını da ifade etmektedir (Thome ve Medeiros, 2016). Boehe ve arkadaşları da benzer şekilde uluslararasılaşma stratejisinin ana ülke (home country) ile ev sahibi ülke (host country) arasındaki kurumsal koşulların uyumuna bağlı olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Yazarlara göre firmalar bu uyum sayesinde sahip oldukları firmaya özgü kaynakları diğer ülkelere taşıyabilmekte ve rekabet avantajı elde edebilmektedir (Boehe vd., 2016: 135). Ngo ve arkadaşları da kurum temelli görüş çerçevesinde, belirli kurumsal özelliklerin, firmaların ihracat performanslarında olumlu etki ettiğini göstermişlerdir (Ngo vd., 2016). Zhou ve arkadaşları, vekâlet kuramı ve kurum temelli görüş çerçevesinde firmaların sınır ötesi satın almalarındaki başarılarını incelemişler ve bireysel paydaşlardan daha öncelikli ve daha fazla

bilgiye sahip olarak tanımladıkları “kurumsal paydaşların”, satın almanın gerçekleşmesinde kilit rol oynadıklarını ortaya koymuşlardır (Zhou vd., 2016). Kostova ve Hult, kurum temelli görüşün uluslararası işletmecilik, yükselen ekonomiler ve stratejik yönetim bağlamında kuramsal kapsamını değerlendirmişlerdir. Yazarlar, görüşün kuramsal olarak örgütsel kurumsalcılık, kurumsal iktisat ve ulusal iş sistemleri yazınından faydalanabileceğini ifade etmişlerdir (Kostova ve Hult, 2016). Meyer ve Peng de kurum temelli görüş yazınına özetleyerek yükselen ekonomiler ve çok uluslu işletmeler bağlamında yeni sorunsallar ortaya koymuşlardır (Meyer ve Peng, 2016).

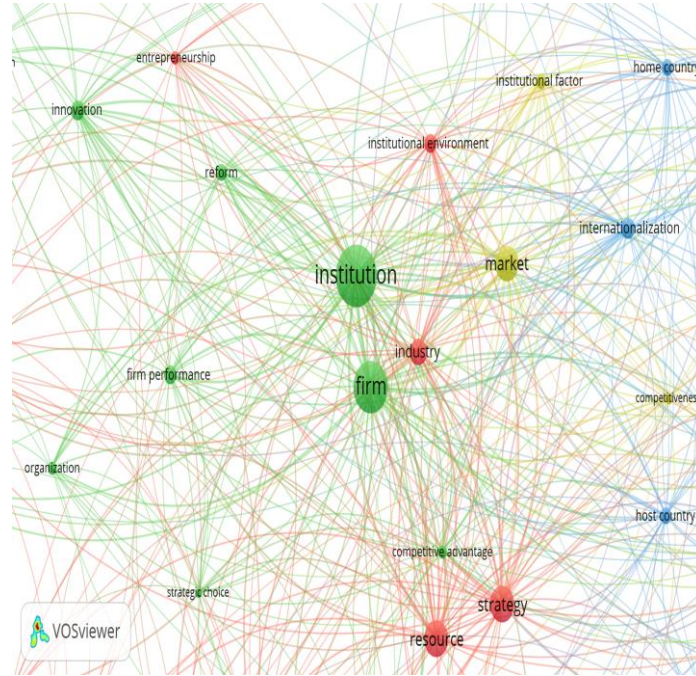
Yakın zamanlarda yapılan çalışmalar ise kurum temelli görüşü stratejinin uçayağı çerçevesinde ele almadan başlı başına tartışılabilir bir kurumsal olgunluğa ulaştığını göstermişlerdir. Stoian ve Mohr yükselen ekonomilerden dışarıya doğru gerçekleşen doğrudan yabancı yatırımları kurum temelli görüş çerçevesinde inceledikleri çalışmalarında, bu ülkelerdeki kurumsal eksikliğin (institutional voids) bir ifadesi olarak ortaya çıkan korumacı politikaların ve rüşvetin, dışarıya kaçan yatırımlarda etkili olduğu sonucunu bulmuşlardır (Stoian ve Mohr, 2016: 1132). Maksimov ve arkadaşları yaptıkları ampirik çalışma ile bazı (eskiden merkezi planlamaya dayalı ekonomiye sahip) ülkelerdeki kurumsal kalıtların, firmaların inovasyon faaliyet ve performansları üzerinde etki ettiğini ortaya koymuştur (Maksimov vd., 2017: 862). Monticelli ve arkadaşları da Brezilya özelinde yaptıkları çalışmada, firmaların uluslararasılaşmasında formel kurumların nasıl bir role sahip olduğunu vaka araştırması yaparak incelemişlerdir. Yazarlar, firmaların uluslararasılaşmasında kurumların; öğrenme, firmalar arası işbirlikleri, yabancı pazarlar hakkında bilgi, uluslararasılaşma faaliyetleri ve finansmanı, AR-GE maliyetlerinin azaltılması ve markalaşma konularında olumlu etki ettiğini; fakat aşırı bürokrasi, grevler, ağır vergiler, bazı ülkelere uygulanan engeller ve büyük üreticilerin kollanması gibi sebeplerden dolayı da olumsuz etki ettiğini ifade etmektedir (Monticelli vd., 2017: 368). Zhang ve arkadaşları ise Su ve ekibi (2015) gibi kurumsal çevreyi, kurumsal destek ve işlevsiz rekabet yapısı üzerinden operasyonel hale getirerek firmaların inovasyon faaliyetleri ve performansları üzerindeki etkisini incelemişlerdir. Yazarlar, firmalar üzerindeki kurumsal desteklerin firmaların ürün ve süreç inovasyonları ile firma performansları üzerinde olumlu etki ettiğini; fakat işlevsiz rekabet yapısının inovasyon faaliyetleri üzerindeki bu etkiyi zayıflattığını bulmuşlardır (Zhang vd., 2017: 61–62). Han ve arkadaşları da, finansal ve politik nitelikteki kurumsal desteklerin, çok uluslu şirketlerin yurt

dışındaki şube performansları üzerindeki etkiyi incelemişler ve politik nitelikteki desteklerin, şube performansları üzerinde olumlu etki ettiğini, finansal desteklerin ise bir etki etmediği sonucuna ulaşmışlardır (Han vd., 2018: 8). Lamb ve Roundy yaptıkları kavramsal çalışmada, kurumsal baskıların kültür ve paydaşlarla birlikte firmaların sosyal sorumluluk faaliyetlerinin sonuçlarını etkileyebileceğini kavramsal olarak tartışmışlardır (Lamb ve Roundy, 2018). Yaprak ve arkadaşları da Türkiye’deki firmaların uluslararasılaşma faaliyetlerini vaka çalışması yaparak inceledikleri çalışmalarında, uluslararasılaşma faaliyetlerinde hem firmaya özgü hem de ülkeye özgü avantajların etkili olduğu sonucunu bulmuşlardır (Yaprak vd., 2018: 205). Peng ve arkadaşları ise yaptıkları kavramsal çalışmada kurum temelli görüşün aile işletmeleri ile diğer firmalar arasındaki performans farklılıklarını çeşitli kurumsal etmenler çerçevesinde açıklanabileceğini ifade etmektedir (Peng vd., 2018: 12). Ahmed ve Brennan, firmaların uluslararasılaşma sürecinin ilk adımlarında ulusal ihracat destek politikalarının etkisini kurum-temelli görüş çerçevesinde incelemişler ve bu tür destek programlarının firmaların uluslararasılaşmasında önemli bir rol oynadığını ampirik olarak göstermişlerdir (Ahmed ve Brennan, 2019: 937). Ketteni ve Kottaridi de çok uluslu şirketlerin doğrudan yabancı yatırımları üzerine yaptıkları çalışma neticesinde, kurumsal bağlamın bu şirketlerin stratejilerini, yapılarını ve rekabetçi yönlerini etkilediği sonucuna ulaşmışlardır (Ketteni ve Kottaridi, 2019: 424). Gao ve arkadaşları da çok uluslu şirketlerin stratejik varlık bulmak için yurtdışı hedef seçimlerinde stratejinin üçayağındaki unsurların (kaynak ve yetenekler, endüstri ve kurumlar) birbiri ile etkileşim gösterdiğini ampirik olarak göstermişlerdir (Gao vd., 2019: 701).

### **Kurum Temelli Görüşe İlişkin Kelime Bulutu Analizi**

SCI-EXPANDED, SSCI, A&HCI, CPCI-S, CPCI-SSH, BKCI-S, BKCI-SSH ve ESCI kapsamındaki dergilerde; İşletme, Yönetim, İktisat ve İşletme Finansmanı kategorilerinde Mart 2020 tarihine kadar yayınlanmış 270 adet makalenin “Web of Science” üzerinden indirilen özet metinleri, VOSviewer\_1.6.15 versiyonu ile analiz edilmiş, Şekil 3 ve Şekil 4’te sunulan kelime bulutları oluşturulmuştur. Analiz edilecek kavramların belirlenmesinde VOSviewer yazılımının sunduğu Binary Counter yöntemi tercih edilmiş ve en az 5 farklı çalışmanın özet metinlerinde geçen 278 kavramdan ilgisiz olanların elenmesi neticesinde elde edilen 47 kavram ile kelime bulutları oluşturulmuştur. Şekil 3’te sunulan kelime bulutu, kurum

kavramının firma, endüstri, piyasa, strateji, kaynak, firma performansı, rekabet avantajı, stratejik tercih, kurumsal çevre ve uluslararasılaşma gibi kavramlarla yakın ilişki içerisinde olduğunu göstermektedir. Endüstri, strateji ve kaynak kavramları, kurum temelli görüşün kuramsal gelişimini yansıtmaktadır. Firma kavramının yoğunluğu da, örgüt kavramını kullanmayı tercih eden kurumsal kuram yazınından farklılaştığının belirgin bir göstergesidir. Firma performansı, stratejik tercih, rekabet avantajı ve piyasa gibi kavramların da yoğun bir şekilde kullanılıyor olması, görüşün akademik ve pratik amaçlarını yansıtmaktadır. Ana ülke, ev sahibi ülke ve uluslararasılaşma kavramları da, kurum temelli görüşün uluslararası işletmecilik bağlamında yoğun bir şekilde çalışıldığını göstermektedir.



**Şekil 3.** Kurumlara İlişkin Yakın Kelime Bulutu

Şekil 4’te sunulan genel kelime bulutu ise kurum temelli görüşün stratejik yönetim, doğrudan yabancı yatırım, çok uluslu işletmeler, kurumsal kuram, entelektüel mülkiyet hakları, inovasyon ve aile işletmeleri gibi kavramlarla ilişkisini göstermekte ve görüşün bu alanlarda da çalışıldığını ortaya koymaktadır.



Çalışma, kuramsal çıkarımlar ile birlikte pratik çıkarımlar da sunmaktadır. Yazında incelenen çalışmalar, örgütlerin strateji ve performanslarının yalnızca sahip oldukları kaynak ve yetenekler ile rekabetçi konumlarına değil aynı zamanda gömülü oldukları kurumsal çevreye de bağlı olduğunu göstermektedir. Bu bağlamda yöneticiler sadece örgüt kaynaklarına ve rakiplerine karşı konumlarına odaklanmamalı, faaliyetlerini sınırlandıran ya da şekillendiren formel ve informel kurumsal yapıları da dikkate almalıdır. Söz konusu formel kurumsal yapılar; ulusal ve uluslararası nitelikteki yasa ve yönetmelikleri, informel kurumsal yapılar ise normatif kurallar ile toplumsal nitelikteki kültürel-bilişsel öğeleri ifade etmektedir (Peng vd., 2009). Formel ve informel kurumların kısıtlayıcı rolünün yanında kolaylaştırıcı ve destekleyici rolünün de olduğu (Martin, 2014: 60; Scott, 2008) göz ardı edilmemelidir. Bu çerçevede yöneticiler, kurumsal yapıları anlamalı, kurumların engelleyici ve kısıtlayıcı yönleri ile destekleyici ve kolaylaştırıcı yönleri üzerine yoğunlaşmalıdır. Kurumların örgütler üzerindeki olumlu ve olumsuz etkisi yalnızca ticari işletmeler ile sınırlı olmayıp kamu ve diğer kâr amacı gütmeyen kuruluşları da kapsamaktadır. Nitekim Peng (2002) de organizasyonlar ile kurumlar arasında dinamik bir etkileşimi ifade etmektedir.

Sonuç olarak çalışma kurum temelli görüşün ulusal yazında tartışılması gerekliliğini ortaya koymaktadır. Yükselen bir ekonomi olarak kurumsal gelişimini sürdüren ülkemizde, yönetim ve organizasyon disiplinin kurumsal çevreye dair incelemelerini derinleştirilmesi gerekmektedir. Kurum temelli görüş bu incelemeler için önemli argümanlar sunmaktadır.

### **Extended Summary**

#### **Aim of Study**

The aim of this study is to examine theoretically institution-based view and strategy tripod perspective that has gained an important place in the international literature as of 2000. The institution-based view emerged conceptually with Peng's work in 2000 and it is complementary to the resource-based view and positioning school for explaining the firm strategy and performance. It has been determined that institution-based view has to be discussed in national literature. So, the view has potential to enrich the debates in strategic management literature.

### Study's Stages

The study was carried out in two stages. In the first stage, a comprehensive review has been done on the literature starting from 2000 to today. At this stage a literature review about the development of view in the strategic management literature was conducted. In the second stage, all papers in the institution-based view literature have been analyzed and evaluated in terms of theoretical contribution. Finally the strategy tripod perspective and institution-based view are conceptually discussed.

### Tools and Programs

Social Science Index and other databases were used to access to paper. VOSviewer analysis tool was used to perform word cloud visualization.

### Conclusion

Extensive literature review depicts that both strategy tripod perspective and the institution-based view are an important tool for strategic management. It is also clear in the studies in the literature that the institution-based view has begun to separate from the strategy tripod perspective and has become a fruitful research field. Another important theoretical implication is that the institution-based view reveals terminology and arguments different from the institutional theory. Finally, the study also demonstrates the need to discuss the institution-based view in the national literature. In our country, while institutional development is continuing, strategy researches should address to analysis the institutional environment for in-depth understanding of overall factors influencing the firm strategy.

### Kaynakça

#### Kitaplar

- Ingram, P. ve Silverman, B. S. (2002). Introduction: The New Institutionalism in Strategic Management. in (Paul Ingram ve Brian S. Silverman Eds.) *The New Institutionalism in Strategic Management*, Elsevier.
- North, D. C., (1990). *Institutions, Institutional Change and Economic Performance*, Cambridge University Press, USA.

- Peng, M. W. (2009). *Global Strategy*, (2nd ed.). Cincinnati, OH: South–Western Cengage Learning.
- Porter, M. (1980). *Competitive Strategy: Techniques for Analyzing Industries and Competitors*, Free Press, New York.
- Scott, W. R. (2005). Institutional theory: Contributing to a theoretical research program. In K. G. Smith and M. A. Hitt (Eds.), *Great minds in management: The process of theory development*, Oxford: Oxford University Press.

### **Makaleler**

- Ahmed, F. U. & Brennan, L., (2019). An institution-based view of firms' early internationalization: Effectiveness of national export promotion policies, *International Marketing Review*, 36(6), 911-954.
- Ahn, M. J. & York, A. S. (2011). Resource–based and institution–based approaches to biotechnology industry development in Malaysia. *Asia Pacific Journal of Management*, 28(2), 257–275.
- Ahuja, G. & Yayavaram, S. (2011). Explaining influence rents: The case for an Institutions–Based View of strategy. *Organization Science*, 22, 1631–1652.
- Bağış, M. & Hızıroğlu, M. (2017). Stratejinin Kaynaklara Dayalı Yaklaşımına Yönelik Eleştirilere Dair Kategorik Bir İnceleme. *Yorum–Yönetim–Yöntem Uluslararası Yönetim–Ekonomi ve Felsefe Dergisi*, 5(1), 1–27.
- Banalieva, E. R. (2014). Embracing the second best? Synchronization of reform speeds, excess high discretion slack, and performance of transition economy firms. *Global Strategy Journal*, 4(2), 104–126.
- Banalieva, E. R., Eddleston, K. A. & Thomas M. Zellweger, (2015). When do family firms have an advantage in transitioning economies? Toward a dynamic institution–based view. *Strategic Management Journal*, 36, 1358–1377.
- Barney, J. B. (1991). Firm resources and sustained competitive advantage. *Journal of Management*, 17(1), 998–120.
- Cruz, L. B., Boehe, D. M. & Ogasavara, M. H. (2015). CSR–based differentiation strategy of export firms from developing countries: An exploratory study of the strategy tripod. *Business & Society*, 54(6), 723–762.
- Eryılmaz, M., (2004). Stratejik seçim ve kurumsalcı bakış açılarının birlikteliği üzerine eğitim sektöründe bir araştırma, *Yönetim Araştırmaları Dergisi*, 4(1), 25-48.



- Ferreira, M. P., Li, D. & Suk, J. Y. (2009). Foreign entry strategies: Strategic adaptation to various facets of the institutional environments. *Development and Society*, 38(1), 27–55.
- Gao, G. Y., Murray, J. Y., Kotabe, M. & Lu, J. (2010). A "strategy tripod" perspective on export behaviors: Evidence from domestic and foreign firms based in an emerging economy. *Journal of International Business Studies*, 41(3), 377–396.
- Gao, Q, Li, Z. & Huang, X., (2019). How EMNEs choose location for strategic asset seeking in internationalization? Based on strategy tripod framework, *Chinese Management Studies*, 13(3), 687-705.
- Garrido, E., Gomez, J., Maicas, J. P. & Orcos, R. (2014). The institution–based view of strategy: How to measure it? *BRQ Business Research Quarterly*, 17(2), 82–101.
- Gaur, A. S., Kumar, V. & Singh, D. (2014). Institutions, resources, and internationalization of emerging economy firms. *Journal of World Business*, 49(1), 12–20.
- Han, X., Liu, X., Xia, T. & Gao, L. (2018). Home–country government support, interstate relations and the subsidiary performance of emerging market multinational enterprises. *Journal of Business Research*, 93, 160-172.
- Hawawini, G., Subramanian, V. & Verdin, P. (2003). Is performance driven by industry-or firm-specific factors? A new look at the evidence. *Strategic Management Journal*, 24(1), 1–16.
- Hoskisson, R. E., Hitt, M. A., Wan W. P. & Yiu, D. (1999). Theory and research in strategic management: Swings of a pendulum. *Journal of Management*, 25(3), 417–456.
- Ju, M., Zhao, H. & Wang, T. (2014). The boundary conditions of export relational governance: A “strategy tripod” perspective. *Journal of International Marketing*, 22(2), 89–106.
- Ketteni, E & Kottaridi, C., (2019). The impact of regulations on the FDI-growth nexus within the institution-based view: A nonlinear specification with varying coefficients, *International Business Review*, 28, 415–427.
- Kim, H., Kim, H. & Hoskisson, R. E. (2010). Does market–oriented institutional change in an emerging economy make business–group affiliated multinationals perform better? An institution–based view. *Journal of International Business Studies*, 41(7), 1141–1160.

- Kostova, T. & Hult, T. M. (2016). Meyer and Peng's 2005 article as a foundation for an expanded and refined international business research agenda: Context, organizations, and theories. *Journal of International Business Studies*, 47, 23–32.
- Krull, E., Smith, P. & Ge, G. L. (2012). The internationalization of engineering consulting from a strategy tripod perspective. *The Service Industries Journal*, 32(7), 1097–1119.
- Lamb, N. H. & Roundy, P. T. (2018). Institutional, stakeholder, and cultural influences on corporate social performance: An institution-based view. *International Journal of Comparative Management*, 1(1), 4–18.
- Lee, M., Yin, X., Lee, S. Weng, D. H. & Peng, M. (2015). The impact of home country institutions on new venture export: Examining new ventures in transition economies. *International Entrepreneurship and Management Journal*, 11, 823–848.
- Lien, Y. C., Teng, C. C. & Li, S. (2016). Institutional reforms and the effects of family control on corporate governance. *Family Business Review*, 29(2), 174–188.
- Liu, W., Yang, H. & Zhang, G. (2012). Does family business excel in firm performance? An institution-based view. *Asia Pacific Journal of Management*, 29(4), 965–987.
- Mahlich, J. C., (2010). Patents and performance in the Japanese pharmaceutical industry: An institution-based view. *Asia Pacific Journal of Management*, 27, 99–113.
- Maksimov, V., Wang, S. L. & Yadong L. (2017). Institutional imprinting, entrepreneurial agency, and private firm innovation in transition economies. *Journal of World Business*, 52(6), 854–865.
- Martin, L. Á. G., Madhok, A. & Sánchez, Á. M. (2014). The evolution of strategic management research: Recent trends and current directions. *BRQ Business Research Quarterly*, 17(2), 69–76.
- Martin, X. (2014). Institutional Advantage. *Global Strategy Journal*, 4, 55–69.
- Meyer, K. E. & Peng, M. W. (2005). Probing theoretically into Central and Eastern Europe: Transactions, resources, and institutions. *Journal of International Business Studies*, 36, 600–621.

- Meyer, K. E., Estrin, S., Bhaumik S. K. & Peng, M. W. (2009). Institutions, resources, and entry strategies in emerging economies. *Strategic Management Journal*, 30(1), 61–80.
- Meyer, K. E. & Peng, M. W. (2016). Theoretical foundations of emerging economy business research. *Journal of International Business Studies*, 47, 3–22.
- Monticelli, J. M., Calixto, C. V. Vasconcellos, S. L. & Garrido, I. L. (2017). The influence of formal institutions on the internationalization of companies in an emerging country. *Review of Business Management*, 19(65), 358-374.
- Ngo, V. D., Janssen, F., Leonidou, L. C. & Christodoulides, P. (2016). Domestic institutional attributes as drivers of export performance in an emerging and transition economy. *Journal of Business Research*, 69(8), 2911–2922.
- Nguyen, T. V., Le, N. T. B. & Bryant, S. E. (2013). Sub-national institutions, firm strategies, and firm performance: A multilevel study of private manufacturing firms in Vietnam. *Journal of World Business*, 48(1), 68–76.
- Oliver, C., (1991). Strategic Responses to Institutional Processes. *Academy of Management*, 16(1), 145–179.
- Oliver, C., (1997a). Sustainable Competitive Advantage: Combining Institutional and Resource-Based Views. *Strategic Management Journal*, 18(9), 697–713.
- Oliver, C., (1997b). The Influence of Institutional and Task Environment Relationships on Organizational Performance: The Canadian Construction Industry. *Journal of Management Studies*, 34(1), 99–124.
- Peng, M. W. & Heath, P. S. (1996). The Growth of the Firm in Planned Economies in Transition: Institutions, Organizations, and Strategic Choice. *Academy of Management*, 21(2), 492–528.
- Peng, M. W. (2002). Towards an institution-based view of business strategy. *Asia Pacific Journal of Management*, 19, 251–267.
- Peng, M. W., Wang, D. Y. L. & Jiang, Y. (2008). An institution-based view of international business strategy: A focus on emerging economies. *Journal of International Business Studies*, 39, 920-936.
- Peng, M. W., Sun, S. L., Pinkham, B. & Chen, H. (2009). The institution-based view as a third leg for a strategy tripod. *Academy of Management Perspectives*, 23(3), 63–81.
- Peng, M. W. (2014). New research directions in the institution-based view. *Multidisciplinary Insights from New AIB Fellows*, (Research in Global Strategic Management, Emerald Group Publishing Limited), 16, 59-78.

- Peng, M. W., Sun, W., Vlas, C., Minichilli, A. & Corbetta, G. (2018). An institution-based view of large family firms: A recap and overview. *Entrepreneurship Theory and Practice*, 42(2), 187 – 205.
- Ruef, M. & Scott, W. R. (1998). A multidimensional model of organizational legitimacy: Hospital survival in changing institutional environments. *Administrative Science Quarterly*, 43(4), 877–904.
- Scott, W. R. (2003). Institutional carriers: Reviewing modes of transporting ideas over time and space and considering their consequences. *Industrial and Corporate Change*, 12(4), 879–894.
- Shinkle, G. A. & Kriauciunas, A. P. (2010). Institutions, size and age in transition economies: Implications for export growth. *Journal of International Business Studies*, 41, 267–286.
- Steidlmeier, P., (1993). Institutional Approaches in Strategic Management. *Journal of Economic Issues*, 27(1), 189–211.
- Stoian, C. & Mohr, A. (2016). Outward foreign direct investment from emerging economies: Escaping home country regulative voids. *International Business Review*, 25(5), 1124–1135.
- Su, Z., Peng, M. W. & Xie, E. (2015). A strategy tripod perspective on knowledge creation capability. *British Journal of Management*, 27, 58-76.
- Sun, S. L., Peng, M. W., Lee, R. P. & Tan, W. (2015). Institutional open access at home and outward internationalization. *Journal of World Business*, 50(1), 234–246.
- Taş, A. & Cevrioğlu, E. (2015). Stratejik yönetimin temel sorularına kurumsalcı perspektiften bakış: Kurumsal temelli görüşün argümanları stratejik yönetim disiplini için ne anlam ifade ediyor? *Yönetim ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi*, 13(3), 397–415.
- Thome, K. M. & Medeiros, J. J. (2016). Drivers of successful international business strategy. *International Journal of Emerging Markets*, 11(1), 89 – 110.
- Vecchi, A., Piana, B. D. & Vivacqua, E. (2015). An institutional-based view of innovation—an explorative comparison of business groups in China and India. *International Journal of Innovation Management*, 19(5), 1-30.
- Wang, Y., Cao, W., Zhou, Z. & Ning, L. (2013). Does external technology acquisition determine export performance? Evidence from Chinese manufacturing firms. *International Business Review*, 22, 1079–1091.

- Xie, Y. H., Zhao, H. J., Xie, Q. J. & Arnold, M. (2011). On the determinants of post-entry strategic positioning of foreign firms in a host market: A “strategy tripod” perspective. *International Business Review*, 20(4), 477–490.
- Yamakawa, Y., Peng, M. W. & Deeds, D. L. (2008). What drives new ventures to internationalize from emerging to developed economies? *Entrepreneurship Theory and Practice*, 32(1), 59–82.
- Yaprak, A., Yosun, T. & Cetindamar, D. (2018). The influence of firm-specific and country-specific advantages in the internationalization of emerging market firms: Evidence from Turkey. *International Business Review*, 27(1), 198–207.
- Young, M. N., Tsai, T., Wang X., Liu, S. & Ahlstrom, D. (2014). Strategy in emerging economies and the theory of the firm. *Asia Pacific Journal of Management*, 31, 331–354.
- Zhang, S., Wang, Z., Zhao, X. & Zhang, M. (2017). Effects of institutional support on innovation and performance: Roles of dysfunctional competition. *Industrial Management & Data Systems*, 11(1), 50–67.
- Zhou, J. W. L. & Tang, Y. (2016). The value of institutional shareholders: Evidence from cross-border acquisitions by Chinese listed firms. *Management Decision*, 54(1), 44 – 65.





## **Tabanca Gövdeleri İçin Polimer Kompozit Malzeme Geliştirilmesi**

Mahmutcan KARSLI\*, Yaşar SERT\*\*, Tevfik KÜÇÜKÖMEROĞLU\*\*\*

### **Öz**

Ülkemiz stratejik konumu itibari ile savunma sanayisine büyük önem vermektedir. Son yıllarda hafif silahlardan beklenen özelliklerin, gelişen teknoloji ve artan rekabet koşulları ile doğru orantılı olarak artması, yurtiçi ve yurtdışı silah alım şartnamelerinde silah atım ömürlerinin daha yüksek rakamlara ulaşmasını ortaya çıkarmaktadır. Bu doğrultuda kompozit malzeme kullanımı gibi malzeme teknolojisinde yaşanan gelişmelerin savunma sanayisine sürekli adapte edilmesi gerekmektedir. Bu çalışmada, tabanca gövdelerinde kullanılmak üzere optimum özelliklere sahip polimer kompozit malzeme seçiminin yapılması amaçlanmıştır. Hafif silahlar için uygun matris özelliklerine sahip olduğu belirlenen poliamid 66 (PA66) ve polikarbonat (PC) malzemeler cam ve karbon elyaf kullanılarak takviye edilmişlerdir. Enjeksiyon kalıplama yöntemiyle üretilen kompozit malzemelerde takviye oranı %15 - %40 aralığında kullanılmıştır. Kompozit malzeme numuneleri, bir silah malzemesinde aranan özellikler açısından, fiziksel, mekanik ve tribolojik olarak incelenmiş ve analizleri yapılmıştır. Gerçekleştirilen mekanik deneyler, kompozit malzemelerin mukavemet değerlerinin ve sertliklerinin elyaf takviyesinin artışıyla birlikte yaklaşık %50 oranında arttığını ve elyaf türünün kompozit malzemelerin elastik davranışı, mukavemet değeri ve sıcaklığa bağlılığını önemli oranda etkilediğini göstermiştir. İncelenen polimer kompozit malzemelerin su emme kabiliyetlerinin ve korozyon dirençlerinin elyaf türünden çok matris türüne bağlı olduğunu ortaya konulmuştur. Kompozit malzemelerde aşınma direncinin elyaf tipinden kısmen etkilenmesine rağmen baskın olarak matris türüne bağlı olduğu belirlenmiştir. Gerçekleştirilen incelemeler sonucunda hafif silahlarda gövde

---

\* Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, mahmut.cann@hotmail.com, ORCID: 0000-0002-8729-7497

\*\* Arş.Gör., Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, ysert0015@gmail.com, ORCID: 0000-0001-7742-0335

\*\*\* Prof.Dr., Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, tkomer@ktu.edu.tr, ORCID: 0000-0002-4392-9966

malzemesi olarak kullanılacak en uygun kompozit malzemenin %40 oranında karbon elyaf içeren PA66 olduğu sonucuna varılmıştır.

**Anahtar kelimeler:** Tabanca Gövdesi, Poliamid 66, Polikarbonat, Cam Elyaf, Karbon Elyaf, Polimer Kompozit, Aşınma.

## Development of Polymer Composite Material for Gun Frames

### Abstract

*Our country attaches great importance to the defense industry due to its strategic location. The increase in the properties expected from light weapons in recent years in direct proportion with the developing technology and increasing competition conditions reveals that the gun shooting lifetimes reach higher figures in domestic and international arms purchase specifications. Accordingly, developments in material technology, such as the use of composite materials, must be constantly adapted to the defense industry. In this study, it was aimed to select polymer composite materials with optimum properties to be used in gun bodies. Polyamide 66 (PA66) and polycarbonate (PC) materials determined to have suitable matrix properties for light weapons were reinforced using glass and carbon fiber. In composite materials produced by injection molding method, the rate of reinforcement was used in the range of 15% - 40%. Composite material samples were examined physically, mechanically and tribologically and analyzed in terms of the properties sought in a weapon material. In the mechanical experiments, it has been shown that the strength values and hardness of composite materials increase approximately 50% with the increase of fiber reinforcement, and the fiber type significantly affects the elastic behavior, strength value and temperature dependence of the composite materials. It has been revealed that the water absorbency and corrosion resistance of the polymer composite materials examined depend on the matrix type rather than the fiber type. It is determined that the abrasion resistance in composite materials is predominantly dependent on the matrix type although it is partially affected by the fiber type. As a result of the examinations carried out, it was concluded that the most suitable composite material that can be used as gun frame material in light weapons is PA66, which contains 40% carbon fiber.*



**Keywords:** *Gun Frame, Poliamid 66, Polycarbonate, Glass Fiber, Carbon Fiber, Polymer Composite, Corrosion.*

## Giriş

Silah, insanların diğer canlı varlıklara karşı kendilerini savunma veya avlanma amacıyla kullandığı araçlar olup ateşli ve ateşsiz silahlar olmak üzere iki türdür. Ateşsiz silahlara örnekler mızrak, bıçak, kılıç, hançer, kalkan, zırh ve ok olarak söylenebilir. Ateşli silahlar ise barut gazının basıncı ile mermiyi tabanca namlusu içerisinden hedefe hızla atabilen silahlardır. Ateşli silahların kişisel taşınabilir özellikte olan türleri tabanca ve tüfek, hafif silahlar grubuna ait olan ve en yaygın kullanılan silahlardır. Taşınabilir özellikteki silahlarda aranan en önemli özelliklerin başında gelen hafiflik, düşük maliyet, yüksek dayanım ve korozyon direnci özelliklerini sağlayabilmek için bu silahların imalatında kullanılan kompozit malzemelerin kullanımı hızla artmaktadır. Son yıllarda tabancalarda ana gövde parçaları da dâhil olmak üzere çoğu metalik ve ahşap parçanın yerini polimer kompozit malzemeler almaktadır (Arıcasoy, 2006; Eryıldız ve Eker, 2015; Rutçi, 2019).

Kompozit malzemelerin avantajları bileşenlerinin üstün özelliklerinin bir arada toplanmasıdır. Bu sayede kullanım alanına göre beklenen özellikleri sağlama amacıyla kompozit malzemeler sıklıkla kullanılmaktadır. Kompozit malzemeler, düşük özgül ağırlıkları sayesinde taşınması gereken zırh, silah gibi aletlerin üretiminde kullanıldıkları takımların daha hafif olmalarını ve kullanıcılarının daha yüksek kabiliyete sahip olmalarını sağlamaktadır. Son yıllarda gelişen teknoloji ile birlikte ileri kompozitlerin savunma sanayindeki yeri ve uygulama alanları hızla artmaktadır. Klasik tabancalara ana gövde ağırlıkları olarak bakıldığında; çelik tabanca gövdeleri ortalama 400 gr, alüminyum alaşımlı tabanca gövdeleri ortalama 200 gr, polimer kompozit gövde (%30 cam elyaf takviyeli PA66 malzeme) ise yaklaşık 120 gr ağırlığındadır. Buna bağlı olarak çelik gövdeli tabancalar ortalama 1200 gr, alüminyum alaşımlı tabancalar ortalama 1000 gr iken polimer kompozit esaslı tabancalar yaklaşık 750 gr'lık ağırlığa sahiptirler (Arıcasoy, 2006; Eryıldız ve Eker, 2015; Karlı, 2016).

Silahlar yüksek şiddetli ve tekrarlı darbe yükleri altında çalışmaktadırlar. Bu nedenle parçaların imalatlarında kullanılacak malzemelerin öncelikle yüksek mukavemet ve elastisite modülüne sahip olması istenir. Savunma sanayinde

kullanılmak amacıyla üretilen kompozit malzemelerden beklenen özellikler, yüksek mukavemet/yoğunluk oranı, kolay şekillendirilebilme, korozyona ve kimyasal etkilere karşı mukavemet, renklendirilebilme ve titreşim sönümlendirir (Yaşar, 2001; Eryıldız ve Eker, 2015).

Silah parçaları, atım sayısına bağlı olarak ortaya çıkan aşınma etkileri, farklı iklim ve doğa koşullarında kullanım ihtiyacı, çevresel koşullara bağlı olarak ortaya çıkan korozyon etkileri, taşınabilirliğin ve kullanımın kolay olması gibi çeşitli koşulları sağlayabilmelidir. Silah üreticilerinin en üstün performansa sahip silah imal edebilmeleri için bu parametreleri en uygun oranda sağlayacak olan malzemeyi kullanmaları gereklidir. Aranılan bu parametrelerin öncelikleri belirlenerek kullanılacak malzeme tespit edilmelidir. Bu önceliklerin belirlenmesi ile ilgili oluşturulan malzeme özelliği önem sırası belirleme matrisi Tablo 1’de verilmiştir.

**Tablo 1.** Malzeme Özelliği Önem Sırası (Karlı, 2016)

	MUKAVEMET	ELASTISİTE MODÜLÜ	DARBE DAYANIMI	MALİYET	AŞINMA DİRENCİ	SERTLİK	SICAKLIKTA KARARLILIK	SU EMME DİRENCİ	KOROZYON DİRENCİ	YOĞUNLUK
MUKAVEMET		+	-	-	-	-	-	-	-	-
ELASTISİTE MODÜLÜ	-		-	-	-	-	-	-	-	-
DARBE DAYANIMI	+	+		-	-	-	-	-	-	-
MALİYET	+++	+++	+++		+++	++	+++	++	++	+
AŞINMA DİRENCİ	+	+	+	-		-	-	-	-	-
SERTLİK	++	++	++	-	++		++	-	-	-
SICAKLIKTA KARARLILIK	++	++	+	-	+	-		-	-	-
SU EMME DİRENCİ	++	++	+++	-	+	+	+		-	-
KOROZYON DİRENCİ	+++	+++	++	-	+	+	++	+		-
YOĞUNLUK	+++	+++	++	-	++	++	++	+	+	
TOPLAM	17+	18+	14+	0	11+	6+	10+	4+	3+	1+

Tablo 1 incelendiğinde silah parçalarının üretimi için kullanılması düşünülen polimer matrisli kompozit malzemelerden beklenen özelliklerin önem sıralaması en önemliden başlayarak sırasıyla; elastisite modülü, mukavemet, darbe dayanımı, aşınma direnci, sıcaklıkta kararlılık, sertlik, su emme direnci, korozyon direnci,

yoğunluk ve maliyet şeklinde elde edilmiştir. Geleneksel polimer kompozit esaslı tabancaların imalatında cam elyaf ile güçlendirilmiş PA66 malzeme kullanılmaktadır. Tabancada kritik öneme sahip olan ve tabancanın çalışma sistemine bağlı olarak yüksek şiddette tekrarlı darbelere maruz kalan ana gövde parçasında cam elyaf takviye oranı %25 - %30 mertebelerine çıkarılırken, diğer parçalarda ise %15 - %25 aralığında cam elyaf takviyesi yapılmaktadır. Bu bölümde polimer kompozit malzemeler üzerine yapılmış çalışmalar hakkında bilgi verilmiştir.

Sabancı'nın yaptığı çalışmada, %0 ile %30 aralığında kısa cam elyaf takviyesi içeren PA6 ve yine aynı oran aralığında kısa cam elyaf takviyeli polipropilen matrisli kompozit malzemeler incelenmiştir. Elyaf takviyesinin matrisin mekanik özelliklerini olumlu yönde etkilediği görülmüştür. Elyafın kullanılan enjeksiyon yönünde matris içinde homojen olarak dağıldığı tespit edilmiştir. Ayrıca üretim yöntemi olarak kullanılan plastik enjeksiyon yönteminin daha seri ve daha düşük maliyetli üretim yapılabilmesine olanak sağladığı belirtilmiştir (Sabancı, 2005).

Cam elyaf ile takviyelendirilmiş PA66 malzeme ile yapılan bir çalışmada, bu kompozit malzemeye %30 hacim oranına kadar cam elyaf takviyesinin malzemelerin fiziksel ve mekanik özelliklerine olumlu katkı yaptığını fakat bu orandan daha yüksek elyaf katkısının malzemelerin mekanik özelliklerini olumsuz yönde etkilediği ifade edilmiştir (Erbay, 2009).

Cam elyaf takviyeli kauçukla güçlendirilmiş PA66 malzeme ile ilgili yapılmış bir diğer çalışmada, enjeksiyon ve ekstrüzyon yöntemiyle hazırlanan farklı oranlarda (%0 - %40 aralığında) cam elyaf ile takviye edilmiş PA66 matris malzemesinin çekme dayanımı ve tokluğunun artan takviye oranına bağlı olarak lineer bir artış sergilediği tespit edilmiştir. Ayrıca enjeksiyonla kalıplamada çekme dayanımı 85 MPa ve elastisite modülü 7 GPa olarak elde edilirken, ekstrüzyon yönteminde çekme dayanımı 70 MPa ve elastisite modülü 5 GPa bulunmuştur (Sui vd., 2001).

Thomason yaptığı çalışmalarda, enjeksiyon kalıplama tekniğinde elyaf boyunun, çapının ve miktarının PA66 matrisli kompozitin mekanik özelliklerini önemli oranda etkilediğini, ağırlıkça % 35 elyaf oranında azalan elyaf çapı ile birlikte maksimum değerine ulaştığını ifade etmiştir. Yaptığı diğer bir çalışmada, enjeksiyon kalıplamada kullanılan elyaf boylarının artması durumunda elde edilen

kompozit malzemenin elastisite modülünü etkilemediğini belirtmiştir (Thomason, 2008a, 2008b).

Pegoretti ve arkadaşları yaptıkları çalışmada, cam elyaf takviyeli PA6 kompozit malzemede artan ortam sıcaklığının kesme dayanımı ve elastisite modülünü azalttığını ifade etmişlerdir (Pegoretti vd., 1998). İncelenen çalışmaların değerlendirilmesi sonucunda gerçekleştirilecek çalışmanın amacı aşağıdaki şekilde belirlenmiştir.

Ülkemizin coğrafi ve stratejik konumu itibari ile savunma sanayisinin gelişimi büyük önem taşımaktadır. Son yıllarda hafif silahlardan beklenen özellikler, gelişen teknoloji ve artan rekabet koşulları ile doğru orantılı olarak artmaktadır. Dünyada hafif silah endüstrisinde kullanılan malzeme teknolojisinde yaşanan gelişmelerden ülkemizin de faydalanabilmesi ve bu alanda dışa bağımlılığımızın azalması için yurtiçi AR-GE çalışmalarına daha fazla ihtiyaç duyulmaktadır.

Yukarıdaki literatür incelemelerine de bakıldığında, çalışmalar karbon ve cam elyaf takviyeli PA66 kompozit malzeme üzerine yoğunlaşmıştır. Takviyeli PC kompozit malzeme üzerine sınırlı sayıda çalışma olup, literatürde bu alanın sistematik bir çalışma ile geliştirilmesi gerektiği düşünülmüştür. Ayrıca geliştirilen 3 kompozit malzemenin birbiriyle aynı şartlarda kıyaslanarak incelendiği bir çalışmaya rastlanmamıştır. Çalışmamızın özgünlük noktası, literatürdeki bu boşluğu gidererek, elde edilen bulguların ülkemiz savunma sanayisine yeni bir bakış açısı kazandıracak olmasıdır.

Ülkemiz savunma sanayisinde silah gövde malzemesi olarak genellikle AA7075-T6 alaşımı ve cam elyaf takviyeli PA66 kompozit malzemesi kullanılmaktadır. Gerçekleştirilen bu çalışma kapsamında cam elyaf takviyeli PA66 ve PC kompozitlerinin de mekanik ve aşınma özellikleri kıyaslamalı olarak incelenerek, elde edilen bulgular sayesinde, sanayide karbon elyaf takviyeli kompozitlerin yerini alıp alamayacağı değerlendirilecektir. Dolayısıyla, bu çalışmanın amacı, malzeme teknolojisinde yaşanan gelişmelerin ülkemiz savunma sanayisine aktararak, savunma sanayi alanındaki bilgi birikimine katkı sağlamaktır. Bu amaca ulaşabilmek için bir silahtan beklenen özellikleri optimum şekilde karşılayacak polimer esaslı kompozit malzeme çiftlerinin (matris malzeme ve takviye edici malzeme) tespit edilmesi hedeflenmiştir. Bu kapsamda uygunluk testleri ve mekanik deneyler gerçekleştirilmiş ve deneysel sonuçlar, silahlardan beklenen özellikler kapsamında değerlendirilmiştir.

Bu çalışma ile ülkemiz silah sektöründe hafif silahlar konusundaki bilimsel alt yapının artırılması ile bilimsel yayın sayısına katkıda bulunmak amaçlanmıştır.

### **DeneySEL Çalışmalar**

Bu çalışmada, hafif ateşli silahlar grubuna giren tabanca ve tüfek gövde malzemesi olarak kullanılmak üzere poliamid 66 (PA66) ve polikarbonat (PC) matris yapılarına farklı oranlarda cam ve karbon elyaf takviye edilerek Şekil 1’de görülen ARBURG marka enjeksiyon kalıplama yöntemi kullanılarak kompozit malzemeler üretilmiştir. Söz konusu kompozit malzeme üretiminde kullanılan cam ve karbon elyafların boyutsal özellikleri ve takviye yüzde oranları Tablo 2’de verilmiştir.



**Şekil 1.** Arburg 370S Enjeksiyon Kalıplama Cihazı

**Tablo 2.** Kompozit Malzeme Üretiminde Kullanılan Matris ve Takviye Malzemeler

Matris Malzemesi	Takviye Malzemesi	Boyut	Takviye Oranı (%)
Poliamid 66 (PA66)	Cam Elyaf	Elyaf Çapı: 10µm Elyaf Boyu: 4,5mm	15
			30
			40
	Karbon Elyaf	Elyaf Çapı: 8µm Elyaf Boyu: 6mm	30
			40
			40
Polikarbonat (PC)	Cam Elyaf	Elyaf Çapı: 10µm Elyaf Boyu: 4mm	15
			25
			30

Üretilen kompozit malzemelerin, hafif silahların gövdelerindeki kullanım performanslarını belirlemek amacıyla laboratuvar ortamında bir takım incelemeler ve mekanik deneyler gerçekleştirilmiştir. Bu inceleme ve deneylerin başında sertlik ölçümü gelmektedir.

Takviyeli kompozitlerin farklı ortam şartlarındaki sertlik özelliklerini belirlemek amacıyla sertlik ölçümleri ASTM D785-60T standartlarına uygun olarak -40°C, +22°C ve +60°C olmak üzere 3 farklı ortamda gerçekleştirilmiştir. Numunelerin sertlikleri 6 saat süreyle ortam sağlayıcı ile istenilen sıcaklığa getirildikten sonra, sertlik ölçümleri  $\pm 3^\circ\text{C}$ 'lik ısınma ve soğuma payı ile birlikte plastik esaslı polimer kompozit malzemelerin sertlik ölçümlerinde kullanılan HRE skalası kullanılarak belirlenmiştir. Farklı sıcaklıklardaki sertlik değişimleri karşılaştırmalı grafikler oluşturularak incelenmiş olup, performansı en yüksek takviyeli kompozit malzeme tespit edilmiştir.

Numunelerin mekanik özellikleri çekme ve darbe deneyi kullanılarak belirlenmiştir. Çekme deneyine tabi tutulmak üzere numuneler ASTM D638-03 standardına uygun şekilde hazırlanmıştır. Instron marka çekme cihazında gerçekleştirilen deneyler neticesinde her bir numunenin akma-çekme dayanımı ve kopma uzaması gibi mekanik özellikleri belirlenerek, karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Numunelerin darbe etkisiyle kırılma davranışlarının (darbe mukavemeti) belirlenmesi amacıyla ise CEAST marka Charpy tipi darbe deney cihazı kullanılmıştır. Deney neticesinde numunelerin kırılma yüzeyleri taramalı elektron mikroskobu (SEM) vasıtasıyla incelenmiştir.

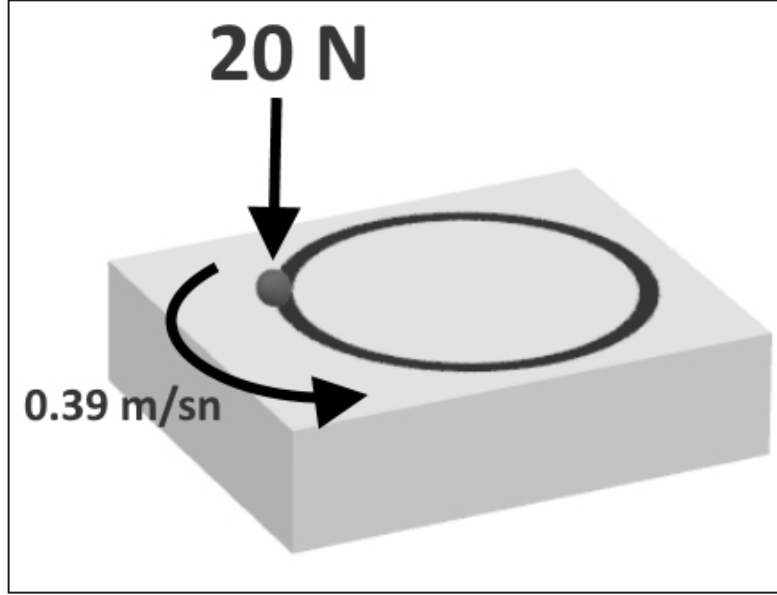
Ülkemiz ve dünya savunma sanayisinde üretilen silahların ıslak ortam şartlarında boyutsal analizlerinin gerçekleştirilmesi amacıyla üretilen takviyeli kompozit numunelerin su emme (absorpsiyon) deneyleri gerçekleştirilmiştir. Söz konusu bu deneyde, ASTM D 570-81 standartlarına uygun hazırlanan numunelerin 20 °C’de su içerisinde 24 saat bekletilmesiyle birlikte hacimsel su emme değerleri hesaplanmıştır. Hesaplamalarda aşağıda verilen formül kullanılmıştır.

$$\text{Hacimsel Absorpsiyon (\%)}: [\text{Ağırlıkça absorpsiyon (\%)} / \rho_{\text{su}}] \times \rho_{\text{kompozit}} \quad [1]$$

Üretilen takviyeli kompozitlerin aşınma deneyleri bilye disk esaslı DUCOM marka aşınma deney düzeneği kullanılarak ASTM G99–05 standartlarına uygun olarak gerçekleştirilmiştir. Aşınma deneylerinde kullanılan parametreler Tablo 3’te verilmiştir. Aşınma deneyi ve iz oluşumunun şematiği Şekil 2’de görülmektedir. Deneyler neticesinde numune yüzeylerinde Şekil 2’de görüldüğü gibi oluşan aşınma izlerinin NANOFOCUS marka optik profilometre ile incelenmesiyle birlikte aşınma hacimleri tespit edilerek, kuru sürtünme şartlarında aşınma performansı en yüksek olan malzeme belirlenmiştir. Ayrıca aşınma izleri optik mikroskop ve SEM ile incelenmesiyle karakterize edilerek numunelerde meydana gelen aşınma mekanizmaları tespit edilmiştir.

**Tablo 3.** Aşınma Deney Parametreleri

Aşındırıcı Karşı Yüzey	100 Cr6 Bilye
Bilye Çapı	6 mm
Uygulanan Yük	20 N
İz Çapı	25 mm
Çevresel Hız	0,39 m/sn
Çevrem Sayısı	2000
Kayma mesafesi	157 m
Ortam	Atmosfer



Şekil 2. Aşınma Deneyi ve Aşınma İz Oluşumunun Şematik Görünümü

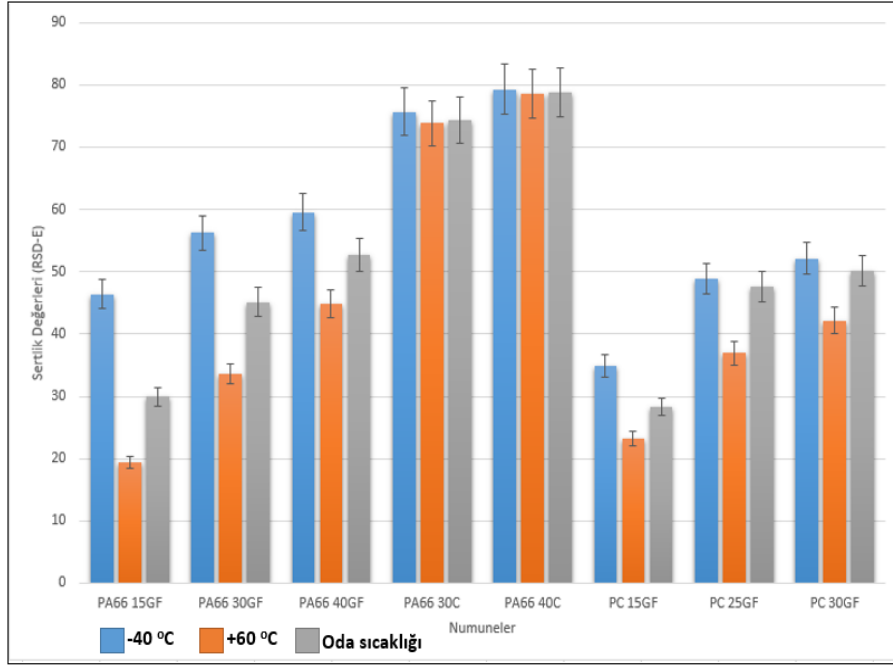
### Bulgular ve Tartışma

#### 1. Sertlik Testi Bulguları

Üretilen polimer kompozit numunelerin oda sıcaklığında gerçekleştirilen sertlik ölçümlerinde elde edilen değerler Şekil 3'te karşılaştırmalı olarak verilmiştir. Şekil 3'te de görüldüğü üzere, numuneler arasında %40 oranında karbon elyaf takviyeli PA66 numunesi en yüksek sertliğe sahiptir. Bununla birlikte en düşük sertlik değeri ise PC 15GF (%15 cam elyaf takviye) numunesinde 28,36 RSD-E olarak elde edilmiştir. Ayrıca matris malzemesi gruplarına bakıldığında, takviye oranı arttıkça numune sertliklerinin artış trendine sahip oldukları tespit edilmiştir. Takviye oranının artmasıyla meydana gelen sertlik olduğu sebebi, sıkıştırma kuvvetinin etkisiyle birlikte, termoplastik matris fazı ve takviye edilen elyaf dolgusu birbirine bastırılarak deformasyona karşı dayanımı artırmasıdır. Bu nedenle ara yüzey bağı zayıf olsa da, yükü daha etkili bir şekilde aktarabilmekte ve sertliğin artmasına neden olabilmektedir. Elde edilen söz konusu bu bulgu, literatürdeki çalışmalarla da paralellik göstermektedir (Zhou, 2013). Ayrıca üretilen polimer kompozit numunelerin sertlik değerlerinin sıcaklıkla birlikte değişiminin gözlenmesi



amacıyla  $-40^{\circ}\text{C}$  ve  $+60^{\circ}\text{C}$  sıcaklıklarda bekletildikten sonra gerçekleştirilen sertlik testlerinde elde edilen değerler Şekil 3'te verilmiştir.



Şekil 3. Numunelerin 3 Farklı Sıcaklıktaki Sertlik Değerleri

Şekil 3'te görüldüğü üzere  $+60^{\circ}\text{C}$  sıcaklıkta numunelerin tümünde sertlik değeri düşmüş,  $-40^{\circ}\text{C}$  sıcaklıkta ise numunelerin tümünde sertlik değeri artmıştır. Ancak en büyük değişimin PA66 polimer matrisli %15 cam takviyeli kompozit malzemede olduğu tespit edilmiş, bu grup numunelerin sertlik değerlerinin sıcaklık değişiminden belirgin bir şekilde etkilendiği görülmüştür. Sertlik değerlerinin sıcaklık değişiminden en az etkilenen numune grubunun ise karbon elyaf takviyeli PA66 kompozitler olduğu tespit edilmiştir. Bu numune grubunda sıcaklığa bağlı plastik deformasyon dayanımının yüksek olduğu belirlenmiştir. Ayrıca farklı şartlarda gerçekleştirilen sertlik deneylerinde elde edilen değerlere bakıldığında, 3 farklı şartta da numune gruplarında sertlik artış trendinin aynı olduğu gözlenmiştir.

## 2. Çekme ve Darbe Testi Bulguları

Bu çalışmada numunelere çekme ve darbe deneyleri uygulanarak mekanik ve fiziksel özellikleri belirlenmiştir. Belirlenen bu değerler Tablo 4'te, bu değerlere ait grafikler Şekil 4a ve 4b ile Şekil 5'te verilmiştir.

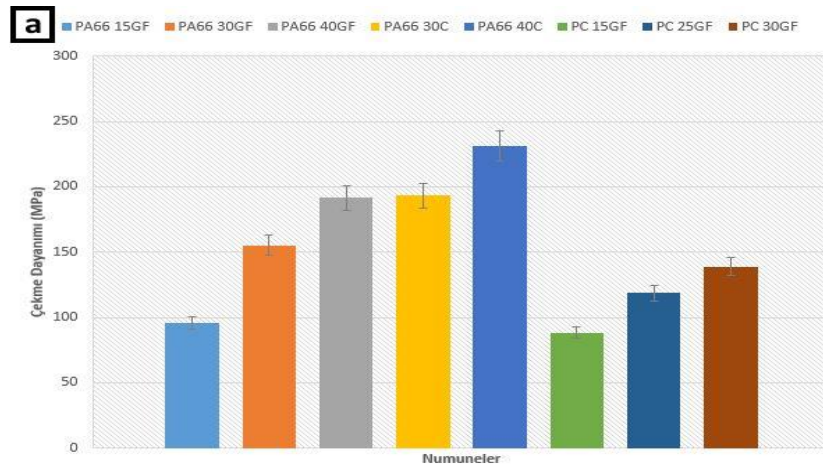
**Tablo 4.** Numunelerin Bazı Fiziksel ve Mekanik Özellikleri

Numune Adı	Elastisite Modülü (GPa)	Akma Sınırı (MPa)	Çekme Dayanımı (MPa)	Kopma Uzaması (%)	Darbe Dayanımı (J)
PA66 15GF	7,21	93,1	95,7	2,09	1,02
PA66 30GF	11,27	127,2	155	2,74	2,31
PA66 40GF	14,56	151,2	191,4	2,91	2,71
PA66 30C	17,72	161,4	193,1	2,12	2,59
<b>PA66 40C</b>	<b>24,63</b>	<b>201,1</b>	<b>231,3</b>	<b>1,34</b>	<b>2,91</b>
PC 15GF	4,83	79,5	88,2	2,14	1,80
PC 25GF	6,81	116,3	118,8	2,58	2,15
PC 30GF	8,42	118,5	138,8	2,76	2,41

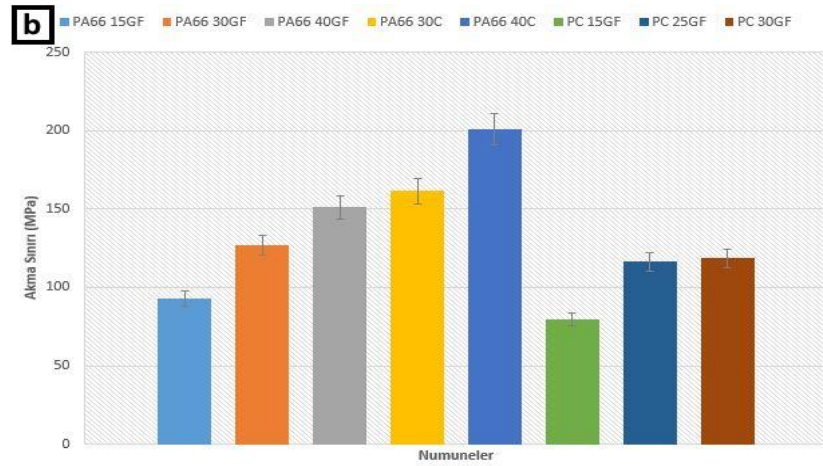
Çekme deneyi sonucuna göre tüm numuneler arasında en yüksek akma sınırı (201 MPa) ve en yüksek çekme mukavemeti (231 MPa) %40 karbon elyaf takviyeli PA66 polimer kompozit malzemede elde edilmiştir. Numunelerin kopma uzaması değerleri incelendiğinde ise mukavemet değerleri yüksek olan karbon elyaf takviyeli numunelerin uzama değerlerinin oldukça düşük değerlerde olduğu görülmektedir. En düşük kopma uzamasına sahip numune, en yüksek mukavemet değerine sahip olan %40 karbon elyaf takviyeli PA66 numunenin olduğu tespit edilmiştir. Tokluk değerleri incelendiğinde ise en yüksek tokluk değerinin aynı zamanda en yüksek mukavemet değerine sahip olan %40 karbon elyaf takviyelendirilmiş PA66 malzemede olduğu belirlenmiştir.

Şekil 4'te numunelerin çekme deneyi sonucunda elde edilen mukavemet değerleri görülmektedir. Çekme mukavemeti değerleri incelendiğinde, aynı türdeki kompozit malzemelerin kendi içlerinde artan takviye oranına göre mukavemet değerlerinin de artmakta olduğu görülmektedir. Bunun nedeni ise polimer matrise takviye edilen cam ve karbon elyafların matris yapısıyla güçlü bir bağ oluşturarak

fiberlerin yani elyafların yük çekme (yükü paylaşma) kapasitelerinin artmasıdır. Dolayısıyla söz konusu bu durum mukavemetin artmasına neden olmaktadır (Lingesh vd., 2014). Yapılan bir çalışmada, PA66 malzemenin çekme dayanımlarının ve rijitliğinin artan cam elyaf takviyesi ile lineer olarak arttığı tespit edilmiştir (Sui vd., 2001). Başka bir çalışmada, polimer kompozit malzemelerin maksimum gerilme, çekme uzama ve elastik modülü gibi mekanik özelliklerinin, artan cam elyaf takviyesi ile iyileştiği görülmüştür (Çakır ve Berberoğlu, 2018).



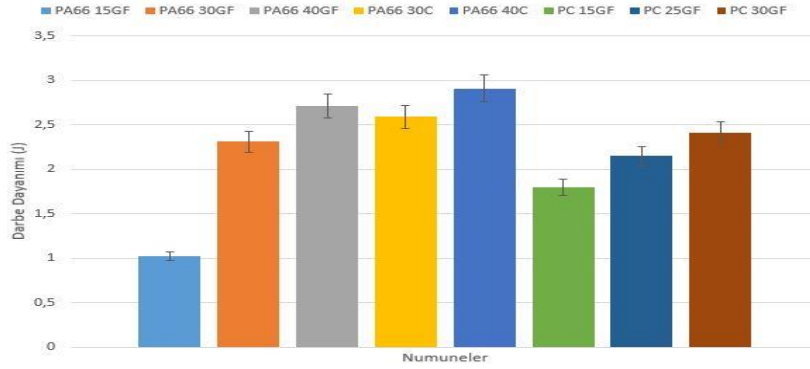
Şekil 4. (a) Numunelerin Çekme Mukavemeti Değerleri



Şekil 4. (b) Numunelerin Akma Sınırı Değerleri

Şekil 5'te numunelere uygulanan darbe deneyinin sonuçları verilmiştir. Sonuçlar incelendiğinde, aynı türdeki kompozit malzemelerin kendi içlerinde artan takviye oranına göre darbe dayanımlarının da arttığı görülmektedir. En yüksek darbe dayanımına (2,91 J) sahip kompozit malzemenin %40 karbon elyaf takviyeli PA66 kompozit olduğu tespit edilmiştir.

Bu çalışmada yapılan darbe deney sonuçlarını destekler nitelikte olan bir başka çalışmada da cam elyaf takviyeli polimer kompozit malzemelerin elyaf oranındaki artış ile birlikte darbe dayanımı özelliklerinin de yükseldiği tespit edilmiştir (Çakır ve Berberoğlu, 2018).



Şekil 5. Numunelerin Darbe Dayanımları

### 3. Su Emme Deneyi Bulguları

Su emme deneyi sonucunda hesaplanan % su emme değerleri ağırlık ve hacim olarak iki türde Tablo 5'te verilmiştir.

Tablo 5. Numunelerin Su Emme (Absorpsiyon) Değerleri

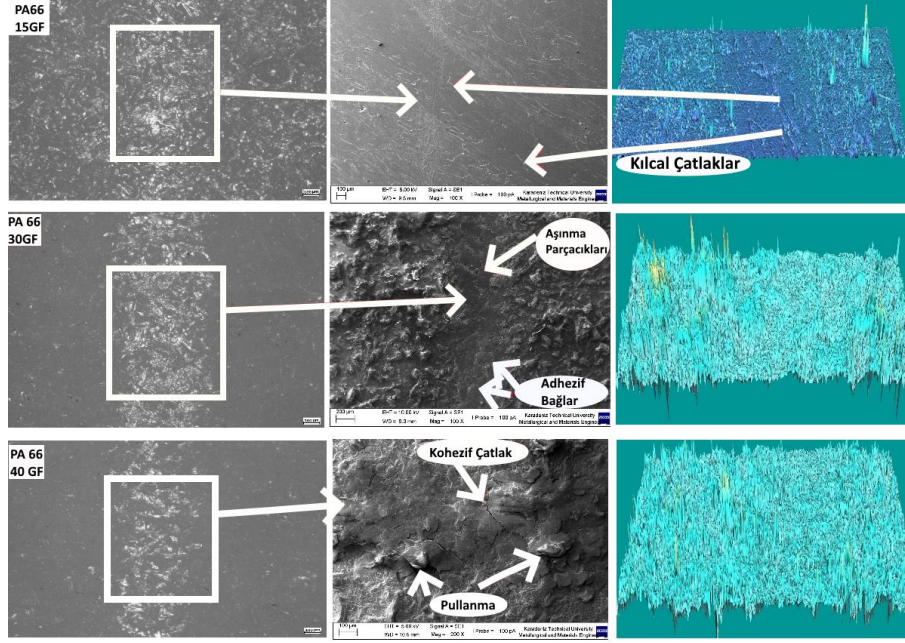
Numune	PA66 15GF	PA66 30GF	PA66 40GF	PA66 30C	PA66 40C	PC 15GF	PC 25GF	PC 30GF
Su Emme (24s,20°C) % ağırlık	1,308	1,294	1,287	1,31	1,305	0,104	0,098	0,092
Su Emme (24s,20°C) % hacim	1,635	1,773	1,943	1,677	1,736	0,135	0,134	0,132

Su emme deney sonuçlarına göre PA66 matrisli kompozit malzemenin, su emme oranları ağırlık ve hacimsel olarak PC matrisli kompozit malzemelere oranla daha yüksektir. Bu davranış, takviye elyaflar ile su emilimi için mikro kanallar sağlayan PA66 matrisinin ara yüzleri ile ilişkilidir. Şöyle ki, su emilimi esas olarak PA66 matris ile takviye elyaflar arasındaki ara yüzlerdeki mikro kanallar tarafından desteklenmektedir (Kim vd., 2014). Ayrıca PA66 matrisinde takviye oranının artmasıyla su emme özelliğindeki kötüleşme söz konusu mikro kanallar kaynaklıdır. Ayrıca literatürdeki çalışmalarda, su emilimi ile bozulmanın, kusurlu ara yüzler arasındaki bağlanma nedeniyle polimer takviye ara yüzü kompozitler arasında yaygın olduğu ileri sürülmüştür (Tsenoglou vd., 2006).

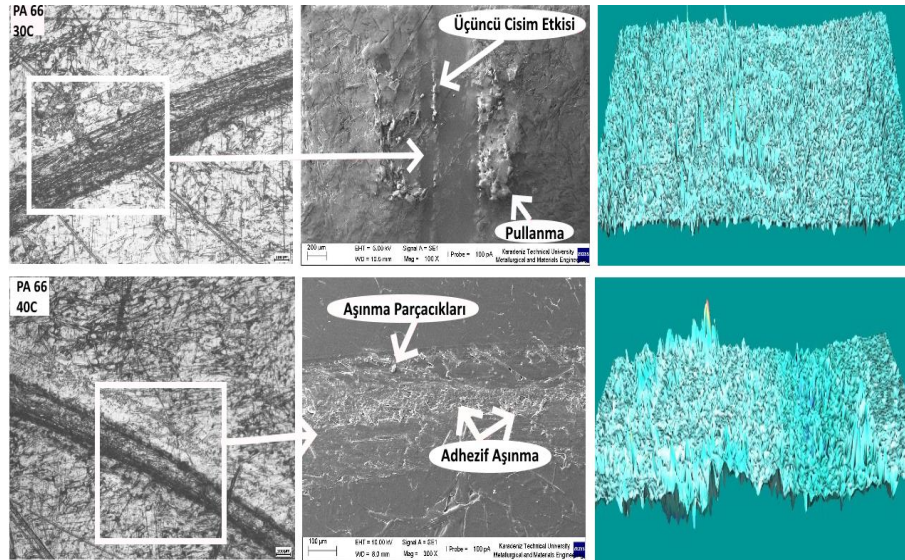
PC matrisli malzemelerin su emme oranlarının meydana getirdikleri hacimsel değişimlerin PA66 matrisli kompozit malzemeye oranla oldukça düşük olması bu matris malzemesiyle üretilen kompozit ekipmanların nemli ortamlardaki boyutsal kararlılıklarının daha yüksek olacağını göstermektedir. Buna karşılık, emilen su miktarına bağlı olarak kompozit malzemenin kalınlığında meydana gelecek hacimsel değişimin (%0,13 - %1,94), parça kalınlıklarının birkaç mm olduğu düşünüldüğünde, parçalarda oluşacak hacimsel değişimin ortalama 0,015 mm mertebelerinde olacağı hesaplanmaktadır. Bu parçaların imalat işleminde kullanılan imalat toleranslarının ( $\pm 0,05$  mm) altında kaldığını göstermektedir. Bu nedenlerle, oluşacak olan su emme etkisinin ihmal edilebilir mertebelerde olduğu tespit edilmiştir.

#### **4. Aşınma Deneyi Bulguları**

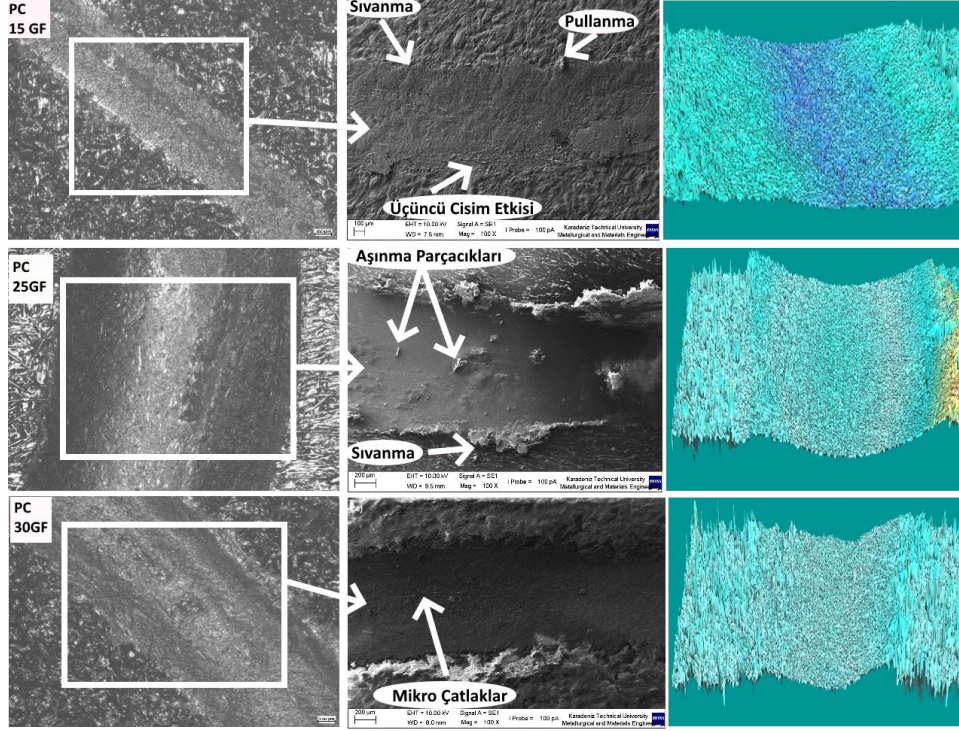
Numunelere uygulanan aşınma deneyleri neticesinde meydana gelen aşınma izleri optik mikroskop, taramalı elektron mikroskobu ve optik profilometre kullanılarak karakterize edilmiştir. Ayrıca aşınma derinliklerinin optik profilometre ile incelenmesiyle birlikte numunelerin aşınma hacimleri belirlenmiştir. Söz konusu görüntüler Şekil 6, 7 ve 8'de verilmiştir.



Şekil 6. Cam Elyaf Takviyeli PA66 Numunelerin Aşınma İzlerinin Optik-Taramalı Mikroskop ve Optik Profilometre Görüntüleri



Şekil 7. Karbon Elyaf Takviyeli PA66 Numunelerin Aşınma İzlerinin Optik-Taramalı Mikroskop ve Optik Profilometre Görüntüleri



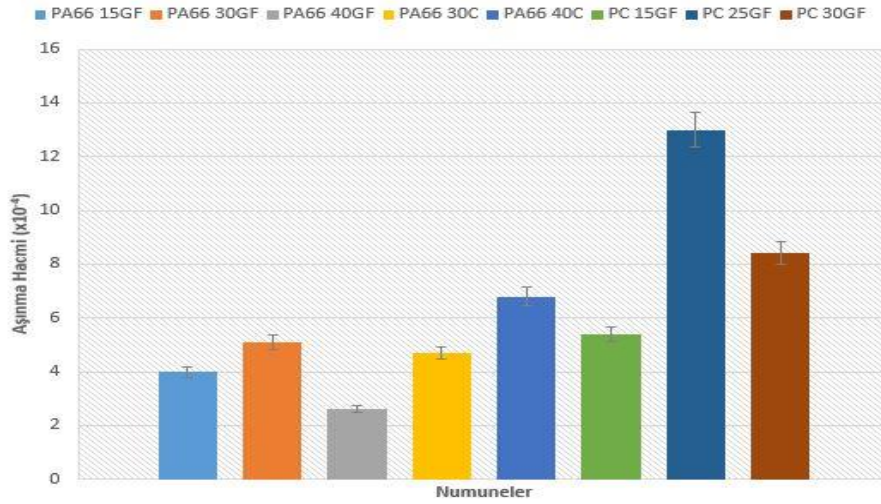
**Şekil 8.** Cam Elyaf Takviyeli PC Numunelerin Aşınma İzlerinin Optik-Taramalı Mikroskop Ve Optik Profilometre Görüntüleri

Şekillerde de görüldüğü üzere tüm numunelerde genel olarak baskın aşınma mekanizmasının adhezif aşınma olduğu belirlenmiştir. Ayrıca aşındırıcı yüzey ile takviyeli matris arasında oluşan adhezif bağların, deney ilerledikçe koptuğu ve yüksek şekil değiştirme ve yük taşıma kabiliyetleri nedeniyle tekrar matris yüzeyine sıvandığı tespit edilmiştir. 20 N yük altında matris yüzeyinden kılcak çatlaklar şeklinde kopan takviye elemanları, aşındırıcı yüzeyin baskısıyla birlikte tekrar matris yüzeyine sıvanarak kendinden yağlayıcı bir film gibi davranmaktadır (Friedrich, 1986; Burris, 2007). Bundan dolayı da yüzeyde meydana gelen aşınma oldukça düşük mertebededir. Bununla birlikte PA66 30C numunesinde söz konusu kopan adhezif bağ parçacıkları matris yüzeyinde üçüncü cisim etkisine neden olarak abrazyif çiziklere neden olmuştur.

PC matrisli kompozitlerde ise aşınma mekanizmasının aynı olmasıyla birlikte matrisin plastik deformasyona olan dayanımı daha düşük olduğu için sıvama etkisi

aşınma izinin kenarlarında pullanma şeklinde kendini göstermiştir. Bu nedenden dolayı aşınma izi derinliği ve dolayısıyla aşınma dayanımı PA66 matrisine göre daha düşük olduğu belirlenmiştir. Şekil 9'da verilen aşınma hacim değerlerine bakıldığında, PA66 matrislerinin aşınma dayanımlarının PC matrisli aynı takviye oranlarındaki numunelere göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Cam elyaf ve karbon elyaf takviyeli PA66 numunelerinde Şekil 6 ve 7'de görüleceği üzere aşınma yollarının çok derin olmayıp sadece bir aşınma izi şeklinde oluştuğu, özellikle de karbon elyaf takviyeli PA66 numunelerde aşınma yollarının çok derin olmayan çizgisel bir hat şeklinde oluşmuş olduğu görülmektedir. Cam elyaf takviyeli PC malzemelerde ise aşınma yollarının cam elyaf ve karbon elyaf takviyeli PA66 numunelere göre çok daha belirgin oluştuğu gözlemlenmektedir.



Şekil 9. Numunelerin Aşınma Hacimleri

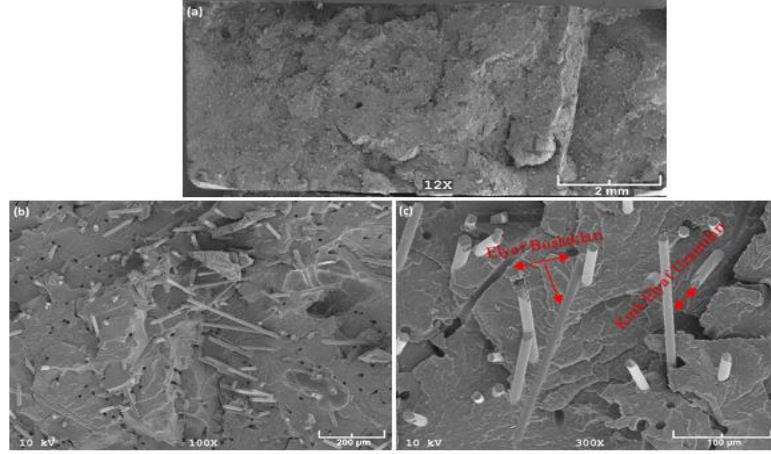
## 5. Kırık Yüzeylerin SEM İncelemesi

Bu çalışmada charpy darbe deneyine tabi tutulan numunelerin kırılma yüzeylerinin ve elyafların dağılımlarının incelenmesi amacıyla SEM görüntüleri Şekil 10, 11 ve 12'de verilmiştir.

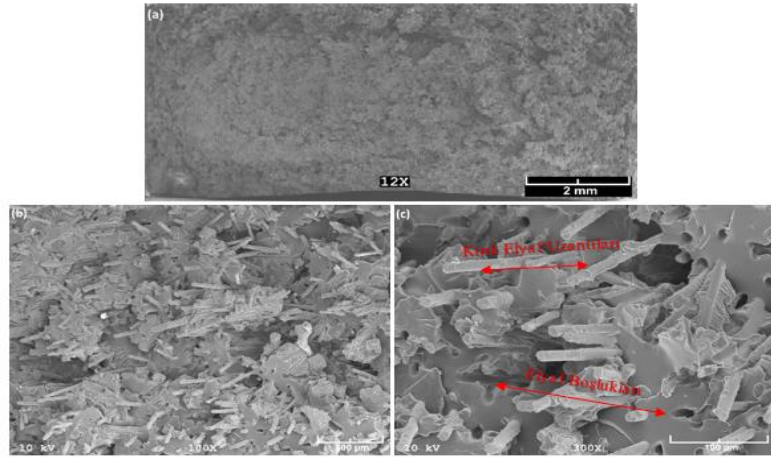
Kırılma yüzeylerine ait SEM görüntüleri incelendiğinde takviye elyafların matris yapı içerisinde farklı yönlerde geliş gösteren güzel dağılımı olarak, matris yapının özellikleri yönünden bağımsız olmasını sağlayacak şekilde buldukları tespit



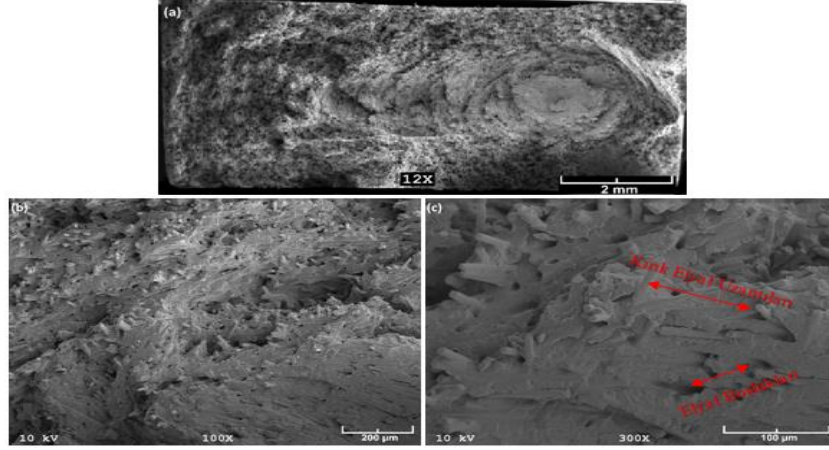
edilmiştir. Ayrıca SEM görüntülerinde elyaf yoğunluklarının takviye oranlarını kanıtlayacak biçimde, takviye oranı arttıkça elyaf yoğunluklarının da artma eğiliminde olduğu gözlemlenmektedir.



Şekil 10. %15 Cam Elyaf Takviyeli PA66 Numunesine Ait SEM Görüntüsü



Şekil 11. %30 Cam Elyaf Takviyeli PC Numunesine Ait SEM Görüntüsü



**Şekil 12.** %40 Karbon Elyaf Takviyeli PA66 Numunesine Ait SEM Görüntüsü

Darbe deney numunelerinin kırık yüzeylerinden görüldüğü üzere elyaf malzemelerinin yapısal bir fark oluşturmadığı ve numunelerin tümünün kırılma davranışlarının birbirlerine benzer yapıda olduğu genel olarak gevrek karakterde kırıldıkları tespit edilmiştir. Elyafların numunelerin kırılma yüzeylerinden koparak ayrılma ve sıyrılma şeklinde olmak üzere 2 tip ayrılmanın olduğu görülmektedir.

Numunelerin incelenen SEM görüntülerinden matris yapılarından ayrılan elyafların önemli miktarda plastik deformasyon oluşturmadan ayrılma ile kırılma yüzeylerini oluşturduğu görülmektedir. Elyafların darbe etkisiyle matris yapı içerisinde sıyrılarak çıkmış durumdaki uzantılarında görülen matris yapı kalıntıları elyaf-matris bağının etkin olarak gerçekleşmiş olduğunu tam olarak göstermektedir. Kırık yüzeylerde görülen derin elyaf boşlukları ve kırık elyaf uzantıları (ölçülen en uzun elyaf uzantısı yaklaşık 200 µm'dir) matris yapının uygulanan yükü elyaflara etkin şekilde aktarmakta olduğunu kanıtlamaktadır. Görüntülerde matris malzemesinin oluşturmuş olduğu yapısal bir fark belirlenememiştir. Artan takviye oranları ise kırılma şeklinin daha gevrek karakterde oluşmasını sağlamıştır.

### Sonuçlar

Bu çalışmada, enjeksiyon kalıplama yöntemiyle üretilmiş cam ve karbon elyaf takviyeli PA66 ve PC kompozit malzemeler için mekanik deneyler ve incelemeler yapılarak sonuçlar aşağıda verilmiştir.

1. Çalışma kapsamında yapılan mekanik deneyler, polimer kompozit malzemelerde elyaf takviyesi artışının, kompozit malzemenin mukavemet değerlerini ve sertliklerini lineer bir şekilde arttırdığını göstermiştir. Ayrıca kompozit malzemeler içerisinde sertlik değerleri sıcaklıktan en az etkilenen numunelerin, karbon elyaf takviyeli PA66 kompozit malzeme olduğu belirlenmiştir.

2. Kompozit malzemelerin darbe dayanımları artan elyaf takviyesiyle doğru orantılı olarak artmaktadır. En yüksek darbe dayanımının %40 karbon elyaf takviyeli PA66 kompozit malzeme olduğu tespit edilmiştir.

3. PA66 kompozit malzemelerin aşınma dirençleri genel olarak PC kompozit malzemelere oranla daha yüksektir. Buna karşılık en düşük su emme değeri PC matrisli kompozit malzemelerde tespit edilmiştir.

4. Hafif silah imalatında gövde malzemesi olarak kullanılacak en uygun malzeme %40 oranında karbon elyaf ile takviye edilmiş olan PA66 malzemedir.

5. Geliştirilen karbon %40 karbon elyaf takviyeli PA66, piyasada silah gövde malzemesi olarak yaygın bir şekilde kullanılan cam elyaf takviyeli PA66'dan daha yüksek mekanik ve aşınma özellikleri sergilemiştir.

6. Geliştirilen tüm cam ve karbon elyaf kompozitlerin aşınma performansı, hali hazırda savunma sanayisinde silah gövde malzemesi olarak kullanılan AA7075-T6 alaşımından daha yüksektir.

7. Geliştirilen kompozit malzemelerin, hali hazırda kullanılan silah gövde malzemelerinin yerini alması konusunda, sanayide üretim gerçekleştiren firmalara yeni bir bakış açısı katacağı öngörülmektedir.

## **Extended Summary**

### **Introduction**

The development of the defense industry is a great importance due to the geographical and strategic location of our country. It is essential to renew the weapons to be used both in ensuring domestic security and in ensuring country security against external threats, depending on the developing technology. Accordingly, developments in material technology, such as the use of composite materials, must be constantly adapted to the defense industry. The increase in the properties expected from light weapons in the last years in direct proportion with the developing technology and increasing competition conditions reveals that the gun

shooting lives reach higher figures in domestic and international arms purchase specifications. In order for our country to benefit from the developments in material technology used in the light arms industry in the world and to decrease our foreign dependency in this field, domestic R&D studies are needed more.

The aim of this study is to transfer the developments in material technology to the defense industry of our country and contribute to the knowledge of the defense industry. To achieve this goal, it is aimed to identify polymer-based composite material pairs (matrix material and reinforcing material) that will optimally meet the characteristics expected from a weapon. In this context, conformity tests and mechanical experiments were carried out and the experimental results were evaluated within the scope of the features expected from the weapons.

### **Experimental Study**

In this study, physical, mechanical and tribological properties of PA66 and PC composites reinforced with glass fiber and carbon fiber by using injection method between 15% and 40% have been investigated in order to select proper material for light weapons. Composite material samples were examined physical, mechanical and tribological and analyzed in terms of the properties sought in a weapon material. The prepared samples were examined in terms of elasticity, strength, impact resistance, wear resistance, stability at temperature, hardness, water absorption resistance, corrosion resistance, density and cost.

In order to determine the hardness properties of reinforced composites in different environmental conditions, hardness measurements were carried out in 3 different environments as  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $+22\text{ }^{\circ}\text{C}$  and  $+70\text{ }^{\circ}\text{C}$  in accordance with ASTM D785-60T standards. After the hardness of the samples were brought to the desired temperature with the media provider given in Figure 2 for 6 hours, the hardness measurements were determined using the HRE scale together with the heating and cooling share of  $\pm 3^{\circ}\text{C}$ . Hardness changes at different temperatures were examined by creating comparative graphics and the highest reinforced composite material was determined.

Mechanical properties of samples were determined by using tensile and impact tests. Samples were prepared in accordance with ASTM D638-03 standard for tensile testing. As a result of the experiments carried out on the Instron brand tensile device, the mechanical properties of each sample such as yield-tensile

strength and tensile elongation were determined and examined comparatively. In order to determine the breaking behaviors (impact strength) of the samples under the impact of impact, the CEAST Charpy type impact test device was used. As a result of the experiment, the fracture surfaces of the samples were examined by Scanning Electron Microscope (SEM).

Water absorption tests of reinforced composite samples produced in order to carry out dimensional analysis of weapons produced in our country and world defense industry in wet environment conditions were carried out. In this experiment, volumetric water absorption values were calculated by keeping the samples prepared in accordance with ASTM D 570-81 standards in water at 20 °C for 24 hours.

The abrasion tests of the reinforced composites produced were carried out using a ball disc based DUCOM brand abrasion test apparatus. The parameters used in the wear tests are given in Table 3. The schematic of the wear test and scar formation is shown in Figure 2. As a result of the experiments, as seen on the sample surfaces, the wear traces were determined with the NANOFOCUS brand optical profilometer and the most abrasion performance material was determined in dry friction conditions. In addition, abrasion mechanisms occurring in the samples have been identified by characterizing the traces of wear with an optical microscope and SEM.

## **Findings and Discussion**

### **Hardness Test Findings**

According to the hardness measurement result, 40% carbon fiber reinforced PA66 sample has the highest hardness among the samples. However, the lowest hardness value was obtained as 28.36 RSD-E in PC 15GF (15% glass fiber reinforcement) sample. Also, when looking at the matrix material groups, it was determined that the sample stiffness had an increasing trend as the rate of reinforcement increased. The sample group with the lowest hardness change with varying temperature is carbon fiber reinforced PA66 composites. In this sample group, it is determined that the resistance to plastic deformation is high.

### **Mechanical Tests Findings**

According to the tensile test results, it was determined that the highest yield limit (201 MPa) and highest tensile strength (231 MPa) were obtained in 40% carbon

fiber reinforced PA66 polymer composite material. When the elongation values of the samples are analyzed, it can be seen that the elongation values of the carbon fiber reinforced samples with high strength values are quite low. It has been determined that the sample with the lowest tensile elongation, PA66 sample with the highest strength is 40% carbon fiber reinforced. When the toughness values were examined, it was determined that the highest toughness value was also formed in 40% carbon fiber reinforced PA66 material, which has the highest strength value.

### **Water Absorption Test Findings**

Water absorption rates of PA66 matrix composite material are higher in weight and volume compared to composite materials with PC matrix. The volumetric changes caused by the water absorption rates of PC matrix materials compared to the composite material with PA66 matrix show that the composite equipment produced with this matrix material will have higher dimensional stability in humid environments. In contrast, depending on the amount of water absorbed, it is calculated that the volume change (0.13% - 1.94%) that will occur in the thickness of the composite material will be in the range of an average of 0.015 mm in the parts. It is understood that these parts will remain below the manufacturing tolerances ( $\pm 0.05$  mm) used in the manufacturing process. For these reasons, it has been determined that the water absorption effect will be negligible.

### **Wear Test Findings**

The abrasion test results showed us that the dominant abrasion mechanism in general was adhesive wear in all samples. In addition, it has been found that the adhesive bonds formed between the abrasive surface and the reinforced matrix are broken as the experiment progresses and are again plastered on the matrix surface due to their high deformation and load carrying capabilities.

Composers with PC matrix, on the other hand, have the same wear mechanism and flaking effect on the edges of the wear mark as the matrix has less resistance to plastic deformation. For this reason, it is determined that the depth of abrasion and therefore abrasion resistance is lower than the PA66 matrix. Confirming this result, it is seen that the abrasion paths are not very deep in glass fiber and carbon fiber reinforced PA66 samples, but only in the form of a wear trace, especially in carbon fiber reinforced PA66 samples, the abrasion paths are formed as a not too deep linear

line. In glass fiber reinforced PC materials, it is observed that the abrasion paths are much more evident than glass fiber and carbon fiber reinforced PA66 samples.

### SEM Analysis

When the SEM images of the fracture surfaces were examined, it was determined that the reinforced fibers were found in different ways in the matrix structure and they were found to be independent of the properties of the matrix structure. In addition, it is observed in the SEM images that the fiber densities increase as the reinforcement rate increases, which prove the reinforcement rates of the fiber densities.

As seen from the broken surfaces of the impact test samples, it was determined that the fiber materials did not make a structural difference and the breaking behaviors of all the samples were similar and were generally crunchy. It is seen that there are two types of separation as the separation and stripping of the fibers by breaking from the breaking surfaces of the samples.

It is seen that the fibers separated from the matrix structures from the SEM images of the samples analyzed from the fracture surfaces by separation without creating a significant amount of plastic deformation. The matrix structure residues seen in the extensions of the fibers, which have been stripped out of the matrix structure show that the fiber-matrix bond has been effectively realized. Deep fiber voids and broken fiber extensions on broken surfaces prove that the matrix structure effectively transfers the applied load to the fibers.

### Results

Mechanical experiments conducted within the scope of the study showed that the increase of fiber reinforcement in polymer composite materials linearly increased the strength values and hardness of the composite material. In addition, it has been determined that the samples whose hardness values are the least affected by the composite materials are carbon fiber reinforced PA66 composite materials. The impact strength of composite materials increases in direct proportion with increasing fiber reinforcement. The highest impact resistance was determined in 40% carbon fiber reinforced PA66 composite material. The abrasion resistance of PA66 composite materials is generally higher than PC composite materials. In contrast, the lowest water absorption value was determined in PC matrix composite materials.

The most suitable material that can be used as a body material in light arms manufacturing is PA66 material, which is reinforced with 40% carbon fiber.

### Kaynakça

#### Kitaplar

- Arıcasoy, O., (2006). “Kompozit Sektör Raporu”, İstanbul Ticaret Odası, 4-22.  
Yaşar H., (2001). *Plastikler Dünyası*, TMMOB Makine Mühendisleri Odası, Ankara.

#### Makaleler

- Burris, D.L, Boesl, B, Bourne, G.R., Sawyer, W.G. (2007). Polymeric nanocomposites for tribological applications. *Macromol Mater Eng.*, 292, 387–402.
- Çakır, M., Berberoğlu, B. (2018). E-Cam Elyaf Takviyeli Epoksi Matrisli Kompozit Malzemelerin Elyaf Oranındaki Artış İle Mekanik Özelliklerindeki Değişimlerin İncelenmesi. *El-Cezerî Fen ve Mühendislik Dergisi*, 5 (3), 734-740.
- Eryıldız, E., Eker, A. (2015). Savunma Sanayinde Kullanılan İleri Kompozit Malzemeler ve Uygulama Alanları. *International Journal of Engineering Research and Development*, 7 (4), 8-12.
- Friedrich, K. (1986). Wear of Reinforced Polymers by Different Abrasive Counterparts. *Composite Materials Series*, 1, 233-287.
- Kim, J. W., Jang, H., Kim, J. W. (2014). Friction and Wear of Monolithic and Glass-Fiber Reinforced PA66 in Humid Conditions. *Wear*, 309, 82-88.
- Lingesh, B. V., Rudresh, B. M., Ravikumar, B. N. (2014). Effect of Short Glass Fibers on Mechanical Properties of Poyamide66 and Polypropylene (PA/PP) Thermoplastic Blend Composites. *Procedia Materials Science*, 5, 1231-1240.
- Pegoretti, A., Fidanza, M., Migliaresi, C. ve Di Benedetto, T. (1998). Toughness of the fiber/matrix interface in nylon-6/glass fiber composites. *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, 29 (3), 283-291.
- Sui, G., Wong, S. ve Yue, C. (2001). Effect of extrusion compounding on the mechanical properties of rubber-toughened polymers containing short glass fibers. *Journal of Materials Processing Technology*, 113 (1-3), 167-171.
- Thomason, J.L. (2008a). The influence of fibre length, diameter and concentration on the strength and strain to failure of glass fibre-reinforced polyamide 6.6.



*Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, 39 (10), 1618-1624.

Thomason, J.L. (2008b). The influence of fibre length, diameter and concentration on the modulus of glass fibre-reinforced polyamide 6.6. *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, 39 (11), 1732-1738.

Tsenoglou, J. C., Pavlidou, S., Papaspyrides, C. D. (2006). Evaluation of Interfacial Relaxation Due to Water Absorption in Fiber-Polymer Composites. *Composites Science and Technology*, 66, 2855-2864.

Zhou, S., Zhang, Q., Wu, Chaoqun, Juang, J. (2013). Effect of carbon fiber reinforcement on the mechanical and tribological properties of polyamide6/polyphenylene sulfide composites, *Materials and Design*, 44, 493-499.

### **Tezler ve Standartlar**

ASTM D638, (2003). *Standard Test Method for Tensile Properties of Plastics*, ASTM International, United States.

ASTM D256, (2004). *Method B, Standart Test for Determining the Izod Pendulum Impact Resistance of Plastics*, ASTM International, United State.

Aksulu, M. (2007). *Polimerlerin Aşınmasında Karşı Yüzey Pürüzlülüğünün Etkisi*, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Erbay, K. (2009). *Silah Gövdeleri İçin Polimer Esaslı Kompozit Malzeme Üretimi ve Mekanik Özelliklerinin İncelenmesi*, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.

Karlı, M. (2016). *Hafif Silahlar İçin Polimer Kompozit Malzeme Seçimi*. Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.

Rutci, A. T. (2019). *Hafif Silahlarda Kullanılan Namlu Malzemesinin Geliştirilmesi ve İşleme Parametrelerinin İncelenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya, 75.

Sabancı, Ş. (2005). *Fiber Takviyeli Polimer Matrisli Kompozitlerin Enjeksiyon Yöntemi ile Üretim.*, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

### **Elektronik Kaynaklar**

<http://girsan.com.tr/> 12.01.2016.





## Ortaokul Öğrencilerinin Bilgi Güvenliği Farkındalığı

M. Ali DERİN\* ve M. Tuncay GENÇOĞLU\*\*

### Öz

*Bilişim teknolojileri hayatın her alanını etkilemiş, özellikle de eğitimde önemli değişimlere sebep olmuştur. Bu değişimden en çok etkilenen grupların başında ortaokul öğrencileri gelmektedir. Gerek okulda gerek evde bilişim teknolojilerini çok yaygın bir şekilde kullanırken, diğer taraftan bu değişime öğrencilerin ne kadar hazır olduğu konusu ise bilinmemektedir. Bu çalışmanın amacı; hızla gelişen teknolojinin şekillendirdiği bilgi toplumu içerisinde ortaokul öğrencilerinin bilgi güvenliği farkındalığının ölçülmesidir. Araştırmanın örneklemini 2019-2020 eğitim öğretim yılında Akkapı Şehit Kemal Yüzgeç Ortaokulu beşinci, altıncı ve yedinci sınıflarda eğitim gören 400 öğrenci oluşturmaktadır. Öğrencilere uygulanan "Bilgi Güvenliği Farkındalığı Anketi" 30 soru ve iki bölümden meydana gelmektedir. Birinci bölümü öğrencilerin sosyo-ekonomik düzeyleri ve kişisel bilgilerini belirleyen sorular, ikinci bölümü ise Bilgi Güvenliği Anketi soruları oluşturmaktadır. Uygulanan anket SPSS programı kullanılarak analiz edilmiştir. Pilot uygulama yapılarak anketin güvenilirlik katsayısı 0,699 olarak belirlenmiştir. Yapılan araştırmanın güvenilirlik katsayısının 0,50'nin üzerinde olması nedeniyle güvenilir bir ölçme yapıldığı kabul edilmiştir. Öğrencilerin teknoloji kullanımlarının ve bilgi güvenliği farkındalıklarının; cinsiyet, yaş ve sınıf, internet kullanım süresi ve internet kullanım amacı değişkenlerine göre farklılaşıp farklılaşmadıklarını belirlemek amacıyla bağımsız örneklem için t testi ve tek yönlü ANOVA analizi uygulanmıştır. Farklılığın anlamlı olduğu grupların tespiti için ise Scheffe testi kullanılmıştır. Analiz sonuçlarına göre; katılımcıların bilgi güvenliği farkındalıkları*

\* AYÜ Siber Güvenlik Tezsiz YL Öğrencisi, maliderin@gmail.com, ORCID: 0000-0003-1768-5117.

\*\*Dr. Öğr. Üyesi, Fırat Üniversitesi Teknik Bilimler MYO, mt.gencoglu@firat.edu.tr, ORCID: 0000-0002-8784-9634

arasında; cinsiyet, yaş, sınıf, internette geçirdiği süre ve interneti kullanmadaki amaç değişkenlerine göre farkın anlamlı olduğu görülmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Bilişim Teknolojileri, Bilgi Güvenliği, Bilgi Güvenliği Farkındalığı.

## Information Security Awareness of Secondary School Students

### Abstract

Information technologies have affected every area of life and have caused important changes especially in education. Secondary school students come first among the groups that are most affected by this change. As the use of information technologies is spreading rapidly both at school and at home, it is not known how ready students are for this change. The purpose of this study is the measurement of information security awareness of secondary school students within the information society shaped by the rapidly developing technology. The subjects of the study consist of 400 students studying in the fifth, sixth, and seventh grades of Akkapı Şehit Kemal Yüzgeç Secondary School in the 2019-2020 academic year. Information and Awareness Survey, with 30 questions and two parts, was applied to students. The first part contains the questions determining the socio-economic levels and personal information of the students and the second part includes the Information Security Questionnaire. The applied questionnaire was analyzed using the SPSS program. The reliability coefficient of the questionnaire was determined as 0.699 with a pilot application. Since the reliability coefficient of the research was over 0.50, it was accepted that a reliable measurement was made. Students' technology usage and information security awareness; t-test and one-way ANOVA analysis were applied for independent samples to determine whether they differ according to gender, age, and class, for the duration of internet usage and internet usage purpose. The Scheffe test was used to determine the groups in which the difference was significant. As a result of the results of the analysis among the information security awareness of the participants; accounting the variables of gender, age, class, time spent on the internet and the purpose of internet usage, it is seen that the difference was meaningful.

**Keywords:** Information Technology, Information Security, Information Security Awareness.

## Giriş

Teknoloji, insanlık tarihi boyunca hayatın her alanında toplumların yaşam şeklini değiştirmiş, çağdaşlaşmanın ana unsuru olmuştur. Teknolojinin eğitimde, sağlıkta, üretimde ve sanayide kullanılmasıyla insan ve toplum yaşamında devrimsel nitelikte bir değişim yaşanmıştır. Bilişim teknolojilerinin ilerlemesi ile insanlık tarihinde insan ve makine gücü yerini bilişim teknolojilerine devretmiştir. Bilgi çağı olarak adlandırılan bu dönemde bilişim teknolojilerinin etkisi ile kültürel anlamda değişim de başlamıştır. Her teknoloji insan ve toplum yapısında önemli değişikliklere yol açmıştır. Bilişim teknolojileri ve özellikle internetin yaygınlaşması ile eğitimde bu teknolojilerin kullanılması kaçınılmaz olmuştur. Dolayısıyla bu gelişmeden en çok etkilenen tarafın öğrenciler olduğu bir gerçektir. Öğrenciler gerek okulda gerek evde yaşamın her alanında teknolojiye oldukça bağımlı hale gelmişlerdir. Teknolojinin öğrenciler tarafından bu kadar etkin kullanımı söz konusu iken bilgi güvenliği konusunun öğrenciler tarafından ne kadar önemsendiği ise merak konusudur.

### 1. Problem

Yapılan araştırmalar içinde bulunduğumuz çağda hayatlarının her alanında teknolojinin bütün nimetlerinden faydalanan bireylerin, bilgi güvenliği kavramı ile de mücadele etmelerinin gerektiğini göstermektedir. Çağlar boyunca korunmaya çalışılan doğru bilgiye hızlı ve zamanında ulaşmak bireyler için vazgeçilmez olmuşken, tehdit yaratabilecek unsurlar da yavaş yavaş hayatımıza girmiştir. Bilgi güvenliğinde insan faktörü güvenliğin garantilenmesinde kilit durumdadır. Bu noktada toplumun bilgi güvenliği farkındalığının oluşturulması şarttır. Literatürdeki çalışmalar incelendiğinde, bilginin önemi üzerinde durulmuş ve bilgi güvenliğine kasteden saldırıların, gün geçtikçe hem sayı hem de çeşitlilik bakımından arttığı bir ortamda etkin bir şekilde bilgi güvenliğinin sağlanabilmesi için gerekli olan güvenlik süreçleri özetlenmiştir (Canbek ve Sağiroğlu, 2006: 165). Yapılan araştırmalar göstermektedir ki bilgi güvenliği farkındalığı öncelikle okullarda yapılacak eğitim çalışmaları ile erken yaşta oluşturulmaya başlanmalıdır. Bilişim teknolojileri dersi müfredatında bu konuya daha fazla yer verilmeli, okullarda bilgi güvenliği konusunda sosyal kulüpler kurulması ve seminer çalışmaları yapılması sağlanmalıdır.

Bu çalışmada, öğrencilerin teknolojiyi kendilerine ne kadar adapte ettikleri ve teknolojiyi kullanırken karşılaştıkları güvenlik tehditleri karşısındaki farkındalık seviyeleri ölçülmeye çalışılmıştır. Bu çalışma ortaokul öğrencilerinin teknolojiyi kullanırken maruz kaldığı tehlikelerin görülmesi ve gerekli önlemlerin alınması açısından önem arz etmektedir.

## 2. Araştırmanın Amacı

Bu araştırmanın amacı, ortaokul öğrencilerinin bilgi güvenliği farkındalığını belirlemektir. Bu amaç doğrultusunda; öğrencilerin bilgi güvenliği farkındalıkları tespit edilmiş ve bilgi güvenliği farkındalığı üzerinde yaş, cinsiyet ve sınıf düzeyinin etkisi araştırılmıştır.

## 3. Kavramsal Çerçeve

Bu bölümde; ortaokul öğrencilerinin bilgi güvenliği farkındalığının önemini anlayabilmek için teknolojinin hayatımızdaki yeri, teknolojinin ortaokul öğrencilerinin hayatındaki yeri, bilginin önemi, bilginin gerekliliği, bilgi gizliliğinin önemi ve bilgi güvenliği farkındalığı ile ilgili çalışmalar üzerinde durulmuştur.

### Bilgi Güvenliği

Kişilerin değerleri, barındırdıkları bilgi ile değerlendirilmektedir. Bireyler için bu kadar önemli olan ve her ortamda bulunan bir varlığın korunması ve onun güvenliğinin sağlanması olmazsa olmaz şartlardandır. Bilgi güvenliği, bilgi ve iletişim teknolojilerini de dikkate alarak şu şekilde tanımlanabilir; "bilginin bir varlık olarak hasarlardan korunması, doğru teknolojinin, doğru amaçla ve doğru şekilde kullanılarak bilginin her türlü ortamda, istenmeyen kişiler tarafından elde edilmesini önlemektir" (Canbek ve Sağıroğlu, 2006:165). Bilişim alanında en kritik konu bilgi güvenliğinin sağlanmasıdır. Bu nedenle bilgi güvenliği, bilginin izinsiz ya da yetkisiz bir şekilde erişim, kullanım, değiştirilme, ifşa edilme, ortadan kaldırılma, el değiştirme ve hasar verilmesini önlemek olarak tanımlanır. Ayrıca bilgi güvenliği; gizlilik, bütünlük ve erişilebilirlikten oluşan üç temel unsurdan mütevellittir. Bu üç temel güvenlik unsurundan herhangi biri zarar görürse, güvenlik zaafiyeti oluşur.

- Gizlilik (Confidentiality): Bilginin yetkisiz kişilerin eline geçmesinin ve yetkisiz erişilmesine karşı korunmasıdır.

- Bütünlük (Integrity): Bilginin yetkisiz kişiler tarafından değiştirilmemesidir.
- Erişilebilirlik (Availability): Bilginin yetkili kişilerce ihtiyaç duyulduğunda ulaşılabilir ve kullanılabilir durumda olmasıdır.

Yukarıda bahsettiğimiz bu üç temel unsur birbirleriyle ilişkili olarak düşünülmelidir. Bilgi gizliliğinin sağlanması bilginin erişilebilirliğini engellemekle birlikte aynı zamanda erişilebilen bilginin bütünlüğünün de korunması gerektiği anlamına gelmektedir. Bilginin gizliliği sağlanırken bilgiye erişim de engelleniyor ise bu bilgi kullanılamaz durumda olacağından bu bilginin bir değeri yoktur. Diğer taraftan erişim sağlanıyor ama bütünlük sağlanmıyor ise yanlış ya da eksik bilgi ihtimali olacağından ve olumsuz sonuçlar doğurabileceğinden yine bu bilginin bir değeri olmayacaktır. Bu nedenlerden dolayı bilgi güvenliği, temel olarak yukarıda ifade edilen üç unsurun bir arada bulunmasıyla mümkündür denebilir (Fussell, 2005:297).

## 1. Bilgi Güvenliğini Tehdit Eden Unsurlar

Bilişim alanında yeni teknolojilerin kullanılması toplumlara olabildiğince fazla yarar sağlamakla birlikte birtakım sorunları da beraberinde getirmektedir. Suç işleminin kolaylaştığı bu ortamlarda, modern bilgi çağına istenmeyen bir ürün olarak bilişim suçları da ortaya çıkmıştır. Bilgisayar korsanları; şirketlerin, bankaların, kamu kurumlarının sistemlerine sızarak büyük zararlar vermekte, bilgisayar ortamındaki bilgileri kullanılamaz hale getirmekte veya bu bilgileri kendilerininmiş gibi kullanarak bilişim suçu işleyebilmektedir. Bilişim teknolojileri topluma oldukça fazla fayda sağlamakla beraber, birçok tehdit de içermektedir. Tehdit, “bir sistemin veya kurumun zarar görmesine neden olan istenmeyen bir olayın arkasındaki gizli neden” olarak tanımlanabilir. Bununla birlikte internetteki olası tüm tehditlerin kökeninde gerçek hayatta da var olan tehditler yer almaktadır. Bu husustaki tehditlerin bertarafı için toplum eğitilmeli ve bu konuda farkındalık oluşturulmalıdır. Tehditlerin bilişim sistemlerinde etkili olabilmesinin yolu bu sistemler üzerinde var olan açıklıkları ve zafiyetleri kullanmalarından geçer. Tehditlerin bilgi varlıklarına etkisi, tehlikenin oluşma olasılığı, bilgi varlığı üzerindeki zayıflıklar ve açıklar, varlığın değeri ile doğru orantılıdır. Tehditler ortamda uygun şartların oluşmasıyla bilgi sistemlerine zarar verecek kusurlar barındıran zafiyetlere yol açarlar. Bu zafiyetler de saldırganlar tarafından

kullanıldığında güvenlik ihlallerine sebep olup bilgi sitemlerine zarar vermelerine kapı aralarlar. Bunlara örnek olarak; doğal afetler neticesinde oluşabilecek; güç kaynaklarının, kamera sistemlerinin, telefon santrallerinin arızalanması, yazılım ve donanım hataları gibi engellenmesi zor olan tehditler verilebilir (Vural, 2007).

Yazılım tehditlerinin başlıca amacını ise şu şekilde özetleyebiliriz; yetkisiz olarak sisteme erişim, sistemi kullanılamaz kılmak, hizmetin engellenmesi, bilginin değiştirilmesi ve ortadan kaldırılması, bilgilerin açık edilmesi ve ele geçirilmesi (Ünver, Canbay ve Mirzaoğlu, 2009). Başlıca yazılım tehditleri şunlardır;

*Hizmetin Engellenmesi Saldırıları (DDoS - Distributed Denial of Service);* iletişim sistemlerini aşırı şekilde yüklenme ile devre dışı bırakmak için yapılan saldırılara verilen isimdir (Krause ve Tipton, 2007).

*Truva Atı (Trojan);* genellikle lisanslı programların yasa dışı kopyaları, mp3, oyun ve cinsel içerik indiren kullanıcıların indirdikleri içeriklere ekli olarak gelen dosyalar aracılığıyla bulaşan ve bilişim güvenliğine zarar veren programlardır (Krause ve Tipton, 2007).

*Solucanlar (Worms);* çoğalan, birbirinden bağımsız olarak çalışabilen ve ağ bağlantıları üzerinde hareket etme kabiliyetine sahip programlara verilen isimdir. Virüs ve solucanlar arasındaki temel farklılık ise; solucanların virüslerin aksine taşıyıcı bir dosyaya ihtiyaç duymamalarıdır (Nickolov, 2008).

*Virüsler (Virus);* e-postalar ve dosyalar aracılığı ile taşınarak bilgisayarların çalışmasını engelleyen, bilgilerin kaybolması, bozulması veya silinmesine sebep olan programlara verilen isimdir (Cohen, 1987: 22).

Bir sistemde virüs olduğunu anlamak için aşağıdaki belirtilere dikkat edilmelidir;

- İnternette işlem yapılmadığı zamanlarda başka kullanıcıların sistemde zarar verme amacıyla aktif olması,
- Güvenlik duvarı kurulu olmasına rağmen, bazı uygulamaların sisteme bağlanmak için zorlamaları,
- İnternette sörf yaparken reklam pencerelerinin açılması,
- Bilgisayarın düzgün çalışmaması,
- Telefonlardaki zararlı yazılımlar,
- Banka hesabına yetkisiz olarak erişim, kredi kartının habersiz kullanımı ya da herhangi bir casus yazılımın sisteme girişi (Nickolov, 2008).

Bir sisteme virüsün bulaşmasını önlemek için güncel bir antivirüs programıyla sistem taranmalıdır. Taramanın sonucunda bir virüs ya da truva atının tespiti halinde



virüslü dosyanın bir kopyasının antivirüs programı üreticisine iletilmesi, bu tür saldırılara karşı daha hızlı bir korumanın geliştirilmesine ve başka kullanıcıların da bu tür saldırılardan korunmasına vesile olacaktır (Nickolov, 2008).

*Reklam Destekli Yazılımlar (Adware)*; belli firmaların reklamlarını yazılan programın içine yerleştirerek kullanıcının bu reklamlara yönlendirilmesini mümkün kılan uygulamalara verilen genel isimdir (Krause ve Tipton, 2007).

*Casus Yazılımlar (Spyware)*; kullanıcının bilgisayarın da belirli firmaların reklamlarını görüntüleyerek bu sırada da bilgisayarda yapılan faaliyetleri belirli bir sunucuya gönderen programların ismidir (Krause ve Tipton, 2007).

*Sazan Avlama (Phishing)*; internet kullanıcılarının aldatılması ya da inandırılması suretiyle sahte e-postalarla şahsa özel veriler ve kredi kartı bilgileri gibi gizli verilerin çalınması şeklinde bir sahtekârlık metodudur (Turhan, 2010). Ayrıca sosyal medya uygulamaları da sazan avlama (Phishing) ataklarından önemli derecede etkilenmektedir (APWG, 2019). Sazan avlama türü sahtekârlıklara maruz kalmamak için kimlik numarası, banka hesap numarası, kredi kartı numarası, kontrol şifresi, parola gibi önem arz eden şahsi bilgilerin yazılacağı ara yüzlerin güvenilirliği kontrol edilmelidir. Ayrıca sahte olduğu düşünülen mesajların ilgili yerlere bildirilmesi faydalı olur (Turhan, 2010).

Bu türden sahtekârlık faaliyetlerine karşı;

- İnternet bankacılığı işlemlerinde sanal klavye kullanılarak bilgi girişi, değişken karmaşık tuşlar ve tek kullanımlık SMS ile şifre gönderilmesi gibi uygulamaları tercih etmek güvenliğin teminat altına alınması açısından önemlidir. Bankalardan geldiği düşünülen e-postaların içerisindeki bağlantı aracılığıyla işlem yapılmamalı, kişisel bilgiler paylaşılmamalıdır.

- Lisanslı yazılımların şifrelerinin illegal olarak geçersiz kılınması amacıyla kullanılan aynı zamanda “crack” adıyla da bilinen yazılımların Truva atı, virüs gibi kötücül yazılımları da sisteme ilişirme olasılığı yüksektir. Buna ilaveten cracklar ile kullanılmaya devam edilen yazılımlar, güncellemeler tam ve doğru yapılmayacağından, düzgün çalışmayacaktır.

- Çevrimiçi alışverişlerde kullanılan sitelerin güvenli olup olmadıkları kontrol edilmelidir.

- Otomatik para çekme cihazları (ATM) kullanılırken dikkatli olunmalıdır. Bu cihazlara sahte tuşlar, kart okuyucu ve kamera gibi düzenekler yerleştirilebilmektedir.

- Kredi kartı ile ödeme yapılırken dikkatli olunmalıdır.
- Çevrimiçi ve anlık bellekler yardımıyla edinilen dosya ve programların virüs taramasından geçirilmesi oldukça önemlidir (Turhan, 2010).

*İstem Dışı Elektronik Postalar (Spam)*; ihtiyacı olmayan kişilere birden çok kopyasını göndererek ticari olarak reklam yapmayı amaçlayan e-postalardır. Bugün için en büyük problemlerin başında e-postalar gelmektedir. Özellikle de istenmeyen mesajlar, zarar verme niyetiyle olmasalar dahi kontrolü ve ayıklanması ciddi bir zaman kaybıdır. Bununla birlikte sistem kaynaklarının etkin olarak kullanılmasına engel oluşturmaktadır. İstenmeyen mesajlar dolandırıcılık, sahtecilik ve kötü niyetli yazılımların yayılmasına da neden olmaktadır (Öztürk, 2009).

*Zincir E-posta ve İnternet Aldatmacası (Hoax)*; birden fazla kişinin birbirine gönderdiği sömürü içerikli mesajların, gönderilenin listesindeki diğer kişilerle paylaşılması istenen mesajlardır. İnternet aldatmacası ise bir kurum, kuruluş ya da tanınmış bir kişi hakkında gerçek olmayan bilgiler ve haberler uydurarak zarara uğratmak, şahsi ya da toplumsal güvenliği tehdit eden bir ortamın olduğu algısı yayarak kargaşa oluşturmaktır. Zincir mesajlar ve internet aldatmacalarının temel amacı, iletilerin olabildiğince fazla sayıda şahsa iletilmesini sağlayıp, kişilerin e-posta adreslerinin ele geçirilmesidir. Bu şekilde elde edilen e-posta adresleri, üçüncü taraflara para karşılığı verilmekte ya da istenmeyen mesajların gönderilmesinde kullanılmaktadır (Schryen, 2007).

Diğer bir güvenlik tehdidi de insan kaynaklı tehditlerdir. Bu tehditler kullanıcının yeterli bilgi ve eğitime sahip olmadan bilinçsiz bir şekilde sisteme girmesi ya da sisteme zarar vermek amacıyla yapılan eylemlerin sonucu ortaya çıkan tehditlerdir (Tekerek, 2008:132). İnterneti kullanan bireyler sanal ortamlarda cinsel istismar, müstehcenlik, rahatsız edilme, bağımlılık, kötü alışkanlıklar edinme, olumsuz etkilenme, kişisel bilgileri paylaşma ve özel hayata dair içeriklerin yayınlanması gibi ciddi problemlerle karşı karşıya kalmaktadırlar (Öztürk, 2009). Günümüzde internet kullanıcılarının yaklaşık %80'lik kısmı için olmazsa olmazlar arasında olan e-mail, internet bankacılığı, çevrimiçi alışveriş gibi birçok uygulama alanları, kötü niyetli kişi ve kurumlar tarafından suistimal edilmektedir (Arifoğlu, Kömes, Yazıcı, Akgül ve Ayvalı, 2002). İnternet bankacılığının güvenliğini tesis edecek en önemli unsurlar arasında önceliği kişiye özel verilen kullanıcı adı ve şifreler almaktadır. İnternet bankacılığı kullanıcısı mutlak suretle kullanıcı adı ve şifresinin bir başkası tarafından öğrenilmesini ve kullanılmasını engellemek için

tedbir alınmalıdır. Siber atakların ve siber saldırganların sayısı gün geçtikçe katlanarak artmaktadır. Bu artış kişilerin, kuruluşların, devletlerin ve siber ortamın güvenliği ve güvenilirliği açısından büyük problemlere yol açmaktadır. Siber güvenliğin garanti altına alınması bireysel bilgilerin ve özel hayatın güvence altına alınmasında, kritik altyapıların güvenliğinin ve güvenilirliğinin oluşturulmasında ve siber suçlarla mücadelede hayati öneme haiz bir ögedir (Turhan, 2010).

## 2. Bilgi Güvenliği Farkındalığı

Dünyada bilgi güvenliği farkındalığını oluşturmak için yapılan çalışmalara bakıldığında, ders içeriklerinin müfredatlara eklenmesi, bilgi güvenliği konusunda komisyonlar kurulması ve güvenliğe dikkat çekecek günler düzenlenmesi gibi etkinlikler yer alır. İngiltere ilköğretim müfredatında internetin güvenli kullanımı zorunlu bir ders olarak yer almaktadır. Daha önceden yalnızca ortaokul çağındaki öğrencilere verilen internetin güvenli kullanımı eğitimi günümüzde tüm ilköğretim çağındaki öğrencilere ders olarak verilmektedir (Ulaşanoğlu, Yılmaz ve Tekin, 2010).

2004 yılında bilgi güvenliği konusunda Avrupa koordinasyonunu sağlamak ve geliştirmek amacıyla Avrupa Şebeke ve Bilgi Güvenliği Kurumu (Europa Network and Information Security Agency - ENISA) kurulmuştur. Bilgi ve iletişim güvenliği hususunda temel güvenlik ihtiyaçlarının karşılanması için komisyona ve üye devletlere gerekli olan bütün katkıyı ve desteği sağlamakla görevlendirilen ENISA, bilgi güvenliği ile ilgili tüm taraflar ve aktörler arasında uluslararası işbirliğinin geliştirilmesine katkıda bulunmak üzere faaliyetlerini sürdürmektedir (Ulaşanoğlu, Yılmaz ve Tekin, 2010).

Diğer taraftan Birleşmiş Milletlere bağlı ITU ([www.bilgiguvenligi.gov.tr](http://www.bilgiguvenligi.gov.tr)) ve [www.guvenliweb.org.tr](http://www.guvenliweb.org.tr) gibi internet sayfaları aracılığıyla da farkındalık bilinçlendirme adına faaliyetler icra edilmektedir. Çocukların çevrimiçi ortamlarda korunmasını ana tema olarak benimseyerek, bu çerçevede Çocukların Çevrimiçi Korunması (Child Online Protection – COP) etkinliği de yürütülmektedir. Bu etkinlik sınırları dâhilinde çevrimiçi ortamlarla ilgili tüm taraflara yönelik farkındalık, bilgilendirme ve bilinçlendirme faaliyetleri icra edilmeye başlanmıştır. Bu bağlamda internetin güvenli ve bilinçli kullanımı hususunda çocukların, gençlerin ve ailelerin bilinçlendirilmesi için basılı ve görsel yayımlar hazırlanmıştır. Tüm bunlara ilave olarak ülkemizde de Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu (BTK) tarafından

çocukların interneti güvenli ve bilinçli kullanmalarına yönelik bir kitapçık hazırlanarak, toplam 12 milyon adet basılmış ve tüm ilköğretim öğrencileri ile öğretmenlere dağıtılmıştır. 2005 yılında Tunus'ta Bilgi Toplumu Zirvesi adıyla düzenlenen etkinlikte, internet güvenliğinin, sürekliliğinin ve istikrarının önemine vurgu yapılmış, interneti ve diğer Bilgi İletişim Teknolojileri ağlarını tehlikelerden ve güvenlik açıklarından korumanın hayati bir ihtiyaç olduğu deklare edilmiştir. Tüm bu gelişmeler şunu göstermektedir ki; siber güvenlik kültürünün ve farkındalığının oluşturulması ulusal olarak da hayati bir rol üstlenmektedir (Ulaşanoğlu, Yılmaz ve Tekin, 2010).

### **Metot**

Bu bölümde araştırmanın modeli, örnek uzay ve örneklem, veri toplama araçları, ölçme aracının puanlaması ve verilerin incelenmesi üzerinde durulacaktır.

#### **1. Araştırmanın Modeli**

Toplumun gelişen bilişim teknolojileri ile bilgi ve iletişim kültürüyle ne kadar uyum içinde olduğunun belirlenmesi ve bu kültürle beraber bilgi güvenliği farkındalığının belirlenmesi amacıyla yürütülen bu çalışma gözden geçirme modeli niteliğinde tanımlayıcı bir çalışmadır.

Gözden geçirme modeli ile yapılan araştırmaların iki sınırlılığı vardır. Bu sınırlılıklar, veri bulma ile kontrol güçlükleridir. Çünkü tarama modeli ile yapılan araştırmalarda çok sayıda nesne ya da denek grubu kullanılmalıdır ve bu gruba belirli bir zaman diliminde ulaşmak oldukça güçtür.

#### **2. Örnek Uzay ve Örneklem**

Araştırmanın çalışma evrenini, Adana ili Seyhan İlçesi Akkapı Şehit Kemal Yüzgeç Ortaokulu öğrencileri oluşturmaktadır. Evrenin geniş olması sebebi ile örneklem uygulaması yapılmıştır. Araştırma, araştırmacı tarafından ulaşılabildiği kadar, olasılıksız örnekleme uygun olarak belirlenmiştir. Çalışma grubunu ortaokul 5-6-7 ve 8. sınıf öğrencileri oluşturmuştur.

#### **3. Veri Toplama Araçları**

Araştırmada Adana ili Seyhan İlçesi Akkapı Şehit Kemal Yüzgeç Ortaokulu öğrencilerinin bilgi güvenliği farkındalığını belirlemek için 30 sorudan oluşan bir anket hazırlanmıştır. Öğrencilere uygulanan "Bilgi Güvenliği Farkındalığı Anketi"

30 soru ve iki bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümü öğrencilerin sosyo-ekonomik düzeyleri ve kişisel bilgilerini belirleyen sorular, ikinci bölümü ise Bilgi Güvenliği Anketi soruları oluşturmaktadır. Anket geliştirilirken bir grup öğrenci üzerinde pilot uygulama yapılmış ve anketin güvenilirlik katsayısı (Cronbach Alpha) 0,699 olarak hesaplanmıştır. Yapılan çalışmanın güvenilirlik katsayısı 0,50'nin üzerinde olduğundan anketin oldukça güvenilir bir ölçüm yaptığı kabul edilmiştir.

#### 4. Verilerin Toplanması

Araştırma için yapılan planlama dâhilinde Akkapı Şehit Kemal Yüzgeç Ortaokulu öğrencilerden 400 tanesine okul bilişim teknolojileri sınıfında birebir ve çevrimiçi olacak şekilde Bilgi Güvenliği Belirleme Anketi uygulanmıştır.

#### 5. Verilerin Analizi

Verilerin analizi ile ortaokul öğrencilerinin hızla gelişen teknoloji karşısında bilgi güvenliği konusunda ne seviyede olduğu belirlenecektir. Araştırmaya dâhil olan 400 öğrencinin sonuçları SPSS programında analiz edilerek tablolar oluşturulmuştur. Oluşturulan dağılım ve frekans tablolarında öğrencilerin bilgi güvenliği farkındalık seviyeleri araştırılmıştır. Ankette “Evet” cevabı 1, “Bazen” cevabı 2, “Hayır” cevabı 3 puan olarak belirlenmiştir. Bu analizde yüksek puan alan öğrencilerin bilgi güvenliği farkındalık seviyeleri düşük olarak kabul edilecektir. Araştırmada çıkan sonuçlarda ortaokul öğrencilerinin bilgi güvenliği farkındalıklarının ne seviyede olduğu belirlenmeye çalışılmış ilk başta verilerin normal bir dağılıma sahip olup olmadığı incelenmiş ve Shapiro Wilk testinin uygulanması sonucunda  $p > 0,05$  olduğu görülmüş ve verilerin homojen bir dağılıma sahip olduğu tespit edilmiştir.

### Bulgular ve Yorum

#### 1. Kişisel Bilgiler Anketiyle İlgili Sonuçlar

Öğrencilerin cinsiyet, yaş, sınıf, internet kullanım süresi, internet kullanım amacı, bilgisayar, tablet ve cep telefonu, internet, sosyal medya hesabı sahip olup olmaması ile ilgili elde edilen sonuçlar Tablo 1’de görülmektedir.

**Tablo 1.** Kişisel Bilgiler Tablosu

		Sayı	Toplam N %
Cinsiyet	Kız	194	48,5
	Erkek	206	51,5
	Toplam	400	
Yaş	10	82	20,5
	11	113	28,2
	12	119	29,8
	13	86	21,5
	Toplam	400	
Sınıf	5	100	25
	6	100	25
	7	100	25
	8	100	25
	Toplam	400	
Pc	Var	196	49
	Yok	204	51
	Toplam	400	
Cep Telefonu	Var	182	45,5
	Yok	218	54,5
	Toplam	400	
Tablet	Var	204	51
	Yok	196	49
	Toplam	400	
İnternet	Var	292	73
	Yok	108	27
	Toplam	400	
Kaç Saat	1'den az	144	36
	1-2 arası	135	33,8
	2-3 arası	71	17,8
	3'ten fazla	50	12,5
	Toplam	400	
Sosyal Medya	Var	220	55
	Yok	180	45
	Toplam	400	
Kullanım Amacı	Ödev Araştırma	203	50,7
	Sosyal Medya	6	16,8
	Oyun	130	32,5
	Toplam	400	

Tablo 1'de görüldüğü gibi cinsiyet ve sınıf değişkenlerinin homojen dağılıma sahip olduğu, her iki öğrenciden birinde bilgisayar, cep telefonu veya tablet olduğu görülmektedir. Ayrıca çoğu öğrencinin internet erişiminin mevcut olduğu, çoğunlukla da interneti ödev ve araştırma yapmak için kullandığı ve interneti 1 saatten az veya 1-2 saat süreyle kullandığı görülmektedir.

## 2. Bilgi Güvenliği Anketiyle İlgili Sonuçlar

Öğrencilerin bilgi güvenliği farkındalıklarını belirlemek üzere uygulanan analizler aşağıdaki gibidir.

### a. Cinsiyet Değişkenine Göre Bilgi Güvenliği Farkındalığı

Cinsiyete göre bilgi güvenliği farkındalığında farkın anlamlı olup olmadığını tespit etmek için bağımsız örnekleme t-testi uygulanmış ve sonuçların analizi yapılmıştır. Bu analiz sonuçları Tablo 2'deki gibidir.

**Tablo 2.** Cinsiyet Değişkenine Göre Bağımsız Örneklem t-Testi Sonuçları

		Varyans Eşitliği için Levene Testi		Ort. Eşitliği için t-Testi				
		F	Sig.	t	df	Sig.	Ort. Farkı	Std. Hata Farkı
Anket Puanı	Varyanslar Eşit	0,451	0,502	2,986	398	0,003	0,07439	0,02491
	Varyanslar Eşit Değil			2,983	394,428	0,003	0,7439	0,02494

Tablo 2 incelendiğinde  $Sig < 0,05$  olduğu görülmektedir. Buna göre öğrencilerin cinsiyetlerine göre bilgi güvenliği farkındalıklarının anlamlı bir şekilde değiştiği görülmektedir.

Cinsiyet değişkenine göre öğrenciler arasındaki farkı görmek için yapılan bağımsız örneklem t-testi grup istatistiği Tablo 3'te verilmiştir.

**Tablo 3.** Cinsiyete Göre Bağımsız Örneklem t-Testi Grup İstatistiği Sonuçları

Cinsiyet		N	Ort.	Std. Sapma	Std.Hata Ort.
Anket Puanı	Kız	194	2,5479	0,25346	0,01820
	Erkek	206	2,4735	0,24473	0,01705

Cinsiyet değişkenine göre öğrenciler arasındaki farkı görmek için yapılan bağımsız örneklem t testi grup istatistiğine göre ortalaması yüksek olan kız öğrencilerin erkek öğrencilere oranla bilgi güvenliği farkındalık seviyesinin yüksek olduğu görülmektedir.

#### b. Yaş Değişkenine Göre Bilgi Güvenliği Farkındalığı

Öğrencilerin yaş düzeylerine göre bilgi güvenliği farkındalığında anlamlı bir fark olup olmadığını tespit etmek için tek yönlü ANOVA analizi yapılmış ve elde edilen sonuçlar Tablo 4'te verilmiştir.

**Tablo 4.** Yaş Değişkenine Göre Tek Yönlü ANOVA Analizi Sonuçları

Anket Puanı					
	Kareler Top.	df	Ort. Kare	F	Sig.
Gruplar Arası	1,382	3	0,461	7,648	0,000
Gruplar İçi	23,849	396	0,060		
Toplam	25,230	399			

Tablo 4 incelendiğinde Sig<0,05 olduğu görülmektedir. Buna göre öğrencilerin yaşlarına göre bilgi güvenliği farkındalıklarının anlamlı bir şekilde değiştiği görülmektedir.

Yaş grupları arasındaki farkı incelemek için uygulanan Scheffe testi sonuçları ise Tablo 5'te görülmektedir.



**Tablo 5.** Yaş Değişkenine Göre Scheffe Testi Sonuçları

(I) Yaş	(J) Yaş	Ort. Fark (I-J)	Std.Hata	Sig.	%95 Güven Aralığı	
					Alt Sınır	Üst Sınır
10	11	-0,10900	0,03471	0,021	-0,2064	-0,0116
	12	-0,3950	0,03471	0,730	-0,1369	0,0579
	13	0,05200	0,03471	0,524	-0,0454	0,1494
11	10	0,10900	0,03471	0,021	0,0116	0,2064
	12	0,06950	0,03471	0,262	-0,0279	0,1669
	13	0,16100	0,03471	0,000	0,0636	0,2584
12	10	0,03950	0,03471	0,730	-0,0579	0,1369
	11	-0,06950	0,03471	0,262	-0,1669	0,0279
	13	0,09150	0,03471	0,075	-0,0059	0,1889
13	10	-0,05200	0,03471	0,524	-0,1494	0,0454
	11	-0,16100	0,03471	0,000	-0,2584	-0,0636
	12	-0,09150	0,03471	0,075	-0,1889	0,0059

Scheffe testi sonuçları incelendiğinde 11 yaş grubu öğrencilerin 13 yaş grubu öğrenciler lehine istatistiksel olarak anlamlı (Sig<0,01) bir farklılık saptanmıştır. Bu durum 10-11 yaş öğrenci grubunun bilgi güvenliği farkındalığı konusunda bilinçlendirilmesi gerektiğini göstermiştir. 12-13 yaş grubunda ise benzer bir ortalama olduğu görülmektedir.

### c. Sınıf Değişkenine Göre Bilgi Güvenliği Farkındalığı

Sınıf düzeyine göre bilgi güvenliği farkındalığında anlamlı bir fark olup olmadığını tespit etmek için tek yönlü ANOVA analizi yapılmış olup bu testin sonuçları da Tablo 6'da verilmiştir.

**Tablo 6.** Sınıf Değişkenine Göre Tek Yönlü ANOVA Analizi Sonuçları

Anket Puanı					
	Kareler Top.	df	Ort. Kare	F	Sig.
Gruplar Arası	1,382	3	0,461	7,648	0,000
Gruplar İçi	23,849	396	0,060		
Toplam	25,230	399			

Tablo 6 incelendiğinde (Sig<0,05) öğrencilerin sınıflara göre bilgi güvenliği farkındalıklarının anlamlı bir şekilde değiştiği görülmektedir.

Öğrencilerin sınıf düzeyine göre aralarındaki farkı incelemek için uygulanan Scheffe testi sonuçları ise Tablo 7'deki gibidir.

**Tablo 7.** Sınıf Değişkenine Göre Scheffe Testi Sonuçları

(I) Yaş	(J) Yaş	Ort. Fark (I-J)	Std.Hata	Sig.	%95 Güven Aralığı	
					Alt Sınır	Üst Sınır
5	6	-0,10900	0,03471	0,021	-0,2064	-0,0116
	7	-0,3950	0,03471	0,730	-0,1369	0,0579
	8	0,05200	0,03471	0,524	-0,0454	0,1494
6	5	0,10900	0,03471	0,021	0,0116	0,2064
	7	0,06950	0,03471	0,262	-0,0279	0,1669
	8	0,16100	0,03471	0,000	0,0636	0,2584
7	5	0,03950	0,03471	0,730	-0,0579	0,1369
	6	-0,06950	0,03471	0,262	-0,1669	0,0279
	8	0,09150	0,03471	0,075	-0,0059	0,1889
8	5	-0,05200	0,03471	0,524	-0,1494	0,0454
	6	-0,16100	0,03471	0,000	-0,2584	-0,0636
	7	-0,09150	0,03471	0,075	-0,1889	0,0059

Scheffe testi sonuçları incelendiğinde 6. sınıf öğrenciler ile 8. sınıf öğrenciler arasında, 8. sınıf öğrencilerin lehine istatistiksel olarak anlamlı (Sig<0,01) bir farklılık saptanmıştır. Bu durum 6. sınıf öğrenci grubunun bilgi güvenliği farkındalığı konusunda bilinçlendirilmesi gerektiğini göstermiştir.

#### ç. İnternet Kullanım Süresi Değişkenine Göre Bilgi Güvenliği Farkındalığı

İnternet kullanım sürelerine göre bilgi güvenliği farkındalığında anlamlı bir fark olup olmadığını tespit etmek için tek yönlü ANOVA analizi yapılmış ve testin sonuçları Tablo 8'de verilmiştir.

**Tablo 8.** İnternet Kullanım Süresi Değişkenine Göre Tek Yönlü ANOVA Analizi Sonuçları

Bilgi Güvenliği Puanı					
	Kareler Top.	df	Ort. Kare	F	Sig.
Gruplar Arası	1,440	3	0,480	7,993	0,000
Gruplar İçi	23,790	396	0,060		
Toplam	25,230	399			

Tablo 8 incelendiğinde (Sig<0,05) öğrencilerin internet kullanım sürelerine göre bilgi güvenliği farkındalıklarının anlamlı bir şekilde değiştiği görülmektedir.

İnternet kullanım sürelerine göre öğrenciler arasındaki farkı incelemek için uygulanan Scheffe testi sonuçları ise Tablo 9'daki gibidir.

**Tablo 9.** İnternet Kullanım Süresi Değişkenine Göre Scheffe Testi Sonuçları

BağımsızDeğ.:Bil.Güv.P. (I)Kaçsaat (J)Kaçsaat	Ort. Fark (I-J)	Std.Hata	Sig.	%95 Güven Aralığı	
				Alt Sınır	Üst Sınır
1'den Az 1-2 Arası	0,06007	0,02936	0,244	-0,0224	0,1425
	0,17188	0,03554	0,000	0,0721	0,2717
	0,08618	0,04023	0,206	-0,0268	0,1991
1-2 Arası 1'den Az	-0,06007	0,02936	0,244	-0,1425	0,0224
	0,11182	0,03593	0,023	0,0109	0,2127
	0,02611	0,04058	0,937	-0,0878	0,1400
2-3 Arası 1den Az	-0,17188	0,03554	0,000	-0,2717	-0,0721
	-0,11182	0,03593	0,023	-0,2127	-0,0109
	-0,08570	0,04525	0,311	-0,2127	0,0413
3'ten Fazla 1'den Az	-0,08618	0,04023	0,206	-0,1991	0,0268
	-0,02611	0,04058	0,937	-0,1400	0,0878
	0,08570	0,04525	0,311	-0,0413	0,2127

Scheffe testi sonuçları incelendiğinde interneti günde 1 saatten daha az kullanan öğrencilerin interneti günde 2-3 saat ve üzeri kullanan öğrenciler lehine istatistiksel olarak anlamlı (Sig<0,01) bir farklılık saptanmıştır. Bu durum interneti daha az kullanan öğrenci grubunun bilgi güvenliği farkındalığı konusunda bilinçlendirilmesi gerektiğini göstermiştir.

#### d. İnterneti Kullanım Amacı Değişkenine Göre Bilgi Güvenliği Farkındalığı

İnternet kullanım amaçlarına göre bilgi güvenliği farkındalığında anlamlı bir fark olup olmadığını tespit etmek için tek yönlü ANOVA analizi yapılmıştır. Bu testin sonuçları da Tablo 10'dadır.

**Tablo 10.** İnternet Kullanım Amacı Değişkenine Göre Tek Yönlü ANOVA Analizi Sonuçları

Bilgi Güvenliği Puanı					
	Kareler Top.	df	Ort. Kare	F	Sig.
Gruplar Arası	0,609	2	0,304	4,907	0,008
Gruplar İçi	24,622	397	0,062		
Toplam	25,230	399			

Tablo 10 incelendiğinde (Sig<0,05) öğrencilerin internet kullanım amaçlarına göre bilgi güvenliği farkındalıklarının anlamlı bir şekilde değiştiği görülmektedir.

İnterneti kullanım amaçlarına göre gruplar arasındaki farkı incelemek için uygulanan Scheffe testi sonuçları da Tablo 11'de verilmiştir.

**Tablo 11.** İnternet Kullanım Amacı Değişkenine Göre Scheffe Testi Sonuçları

(I)Kul.Amacı(J)Kul.Amacı	Ort. Fark(I-J)	Std.Hata	Sig.	%95 Güven Aralığı	
				Alt Sınır	Üst Sınır
Ödev/Araşt. Sos. Med. Oyun	0,10830	0,03509	0,009	0,0221	0,1945
	0,04113	0,02797	0,0340	-0,0276	0,1099
Sos. Med. Ödev/Araşt. Oyun	-0,10830	0,03509	0,009	-0,1945	-0,0221
	-0,06716	0,03745	0,202	-0,1592	0,0249
Oyun Ödev/Araşt. Sos. Med.	-0,04113	0,02797	0,340	-0,1099	0,0276
	0,06716	0,03745	0,202	-0,0249	0,1592

Scheffe testi sonuçları incelendiğinde interneti ödev-araştırma için kullanan öğrencilerin interneti sadece sosyal medya kullanmak amacıyla kullanan öğrenciler lehine istatistiksel olarak (sig<0,01) anlamlı bir farklılık saptanmıştır. Bu durum

interneti sosyal medya takip amaçlı kullanan öğrenci grubunun bilgi güvenliği farkındalığı konusunda bilinçlendirilmesi gerektiğini göstermiştir.

### **Sonuç, Tartışma ve Öneriler**

Bu bölümde, yukarıda analiz edilen değişkenlere bağlı olarak elde edilen sonuçlar ve bu bağlamda uygulanabilecek öneriler bulunmaktadır.

Eğitim ve öğretimde teknolojinin bu denli yaygın kullanılması; teknolojinin günlük hayata hızla adapte edilmesi ve bunun sonucunda teknolojiye en hızlı şekilde maruz kalan kesimin öğrenciler olduğu düşünüldüğünde, konunun ne kadar önemli olduğu ortaya çıkmaktadır. Öğrencilerin, bilgisayar ve internet ile tanışma yaşının neredeyse ilk çocukluk dönemine kadar indiği dikkate alındığında, ortalama bilgisayar ve internet kullanımının uzun saatler olması bilgi güvenliği konusunda, çocukların da önemli bir paydaş olduğunu ortaya koymuştur.

Araştırma sonuçlarına göre; öğrencilerin yaşlarına, sınıflarına, cinsiyetlerine, bilgisayar kullanım sürelerine ve bilgisayarı kullanma amaçlarına göre anlamlı farklılıklar olduğu görülmektedir. Bunlara tek tek değinecek olursak; kız öğrencilerin erkeklere göre internette karşılaşacağı tehlikeli durumlardan daha çok haberdar olduğu söylenebilir. Yaş itibarıyla üst sınıf olan (7. ve 8. sınıf) öğrencilerin alt sınıflara (5. ve 6. sınıf) göre bilgi güvenliği konusunda farkındalık seviyesinin daha iyi olduğu gözlemlenmiştir. İnternet kullanım süresi göz önüne alındığında, interneti daha uzun süre kullanan öğrencilerin, tehlikelerden daha fazla haberdar oldukları, daha az süre kullanan öğrencilerin ise bilgi güvenliği konusunda farkındalık eğitimi alması gerektiği tespit edilmiştir. İnterneti kullanım amaçlarına göre bilgi güvenliği farkındalığı seviyesine bakıldığında, sosyal medya takibi için kullanan öğrencilerin tehlikelerden daha az haberdar oldukları ve bu öğrencilerin bilgi güvenliği konusunda eğitim almaları gerektiği ortaya çıkmıştır.

Bu araştırma; hayatın her alanında kendini hissettiren teknolojinin, ortaokul öğrencilerinin hayatında teknolojiyi bu kadar etkin kullanırken tehlikeler karşısında ne kadar bilinçli olduklarını tespit etmeyi amaçlamıştır. Öğrencilerin, teknoloji kullanımını belirlemek için yapılan ankette öğrencilerin çoğunun bilgisayar sahibi olduğu ve interneti etkin bir şekilde kullandığı görülmektedir. Araştırma sonuçları, öğrencilerin internette rahatsız edici içeriklerle karşılaştığı ve bu durumda ne yapması gerektiğini bilmediğini ortaya koymuştur. Bu durumda bilgi güvenliği konusunda öğrencilerin aldıkları eğitimlerin yetersiz olduğu tespit edilmiştir.

Araştırma sonucunda ortaya çıkan analizler neticesinde ortaokul öğrencilerinin bilgi güvenliği farkındalık seviyesinin geliştirilmesi için sunulan öneriler şunlardır:

Öğrencilerde farkındalık yaratmak için bilgi güvenliği konusu ortaokul Bilişim Teknolojileri ve Yazılım dersi müfredatında ders sayısı bakımından daha uzun süre yer almalıdır. Bilişim Teknolojileri ve Yazılım dersi sadece ortaokulda değil ilkokulda da olmalıdır. Okullarda bilgi güvenliği konusunda sosyal kulüpler oluşturulmalı, sosyal kulüp panolarına bilgi güvenliği farkındalığı konusunda içerikler yerleştirilmelidir.

### **Extended Summary**

Information technologies have affected every area of life and have caused important changes especially in education. Secondary school students come first among the groups that are most affected by this change. As the use of information technologies is spreading rapidly both at school and at home, it is not known how ready students are for this change. The purpose of this study is the measurement of information security awareness of secondary school students within the information society shaped by the rapidly developing technology. The subjects of the study consist of 400 students studying in the fifth, sixth, and seventh grades of Akkapı Şehit Kemal Yüzgeç Secondary School in the 2019-2020 academic year. Information and Awareness Survey was applied to students, which consists of 30 questions and two parts. The first part contains the questions determining the socio-economic levels and personal information of the students, and the second part includes the Information Security Questionnaire. The applied questionnaire was analyzed using the SPSS statistics software package. The reliability coefficient of the questionnaire was determined as 0.699 with a pilot application. Since the reliability coefficient of the research was over 0.50, it was accepted that it was a reliable measurement. t-test and one-way ANOVA analysis were applied for independent samples to determine whether students' technology usage and information security awareness differ according to gender, age, and class for the duration of internet utilization and internet usage purpose. The Scheffe test was used to present groups with meaningful discrepancies. We can say that the research topic in question is very important as the widespread use of technology in education causes students to adapt to daily life quickly and thus they become more exposed to

technology. The long average computer and internet use of children make them an important stakeholder in information security.

There are significant differences in terms of students' ages, classes, genders, computer usage times and purposes of using the computer. If we look at these differences separately, it can be said that female students are more aware of the dangerous situations on the internet than boys. It is seen that the awareness level of the upper-class students (7th and 8th grade) in regards to information security is higher than the lower classes (5th and 6th grade). Considering the internet usage period, it has emerged that students who use the internet for a longer period are aware of the dangers while students who use less time should receive awareness-training on information security. Considering the level of awareness of information security in terms of internet usage purposes, it has emerged that students who use the internet for social media are less aware of the dangers and should receive training on information security.

This research aims to determine how conscious secondary school students are in the face of the dangers of technology that make themselves felt in all areas of life while using technology so effectively. In the survey conducted to determine the use of technology, it was seen that most of the students had computers and used the internet effectively. The outcomes of the investigation emerged that the students encountered offensive content on the internet and did not know what to do in this situation. In this case, it was seen that the education received by the students on information security was insufficient.

As a consequence of the analysis, the suggestions for the improvement of the information security awareness level of secondary school students can be presented as follows:

- To raise awareness among students, the issue of information security should be included in the secondary school Information Technologies and Software lesson curriculum for a longer period of time.
- Information Technologies and Software lessons should be not only in secondary school but also in primary school.

Social clubs should be created on information security in schools, and remarks on social security awareness should be placed on social club boards.

## Kaynakça

### Kitaplar

- Arifoğlu, A., Kömes, A., Yazıcı, A., Akgül, M.K., Ayvalı, A. (2002). *E-Devlet Yolunda*. Ankara: Türkiye Bilişim Derneği Yayınları.
- Krause, M., Tipton, H. (2007). *Information Security Management Handbook*. London: CRC Press. ISDN: 0849319978.
- Schryen, G. (2007). *Anti-Spam Measures: Analysis and Design*. Germany: Springer Science, Business Media. ISBN:9783540717485.
- Ulaşanoğlu, M.E., Yılmaz, R., Tekin, M.A. (2010). *Bilgi Güvenliği: Riskler ve Öneriler*. Ankara: Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu.
- Ünver, M., Canbay, C., Mirzaoğlu, A.G. (2009). *Siber Güvenliğin Sağlanması: Türkiye'deki Mevcut Durum ve Alınması Gereken Tedbirler*. Ankara: Bilgi Teknolojileri ve Koordinasyon Dairesi Başkanlığı.
- Yurdakul, C., Çağlayan, M.U. (1997). *Bilgi Teknolojileri Türkiye İçin Nasıl Bir Gelecek Hazırlamakta*. Ankara: Türkiye İş Bankası Kültür Yayınları.

### Makaleler

- Canbek, G., Sağiroğlu, Ş. (2006). Bilgi, Bilgi Güvenliği ve Süreçleri Üzerine Bir İnceleme. *Politeknik Dergisi*, 9(3), 165-174.
- Cohen, F. (1987). Computer Viruses: Theory and Experiments. *Journal of Computers&Security*, 6(1), 22-23.
- Fussell, R.S. (2005). Protecting Information Security Availability Via Self-adapting Intelligent Agents. *Military Communications Conference, IEEE*, 297s.
- Tekerek, M. (2008). Bilgi Güvenliği Yönetimi. *KSÜ Fen ve Mühendislik Dergisi*, 11(1), 132.
- Vural, Y., Sağiroğlu, Ş. (2008). Kurumsal Bilgi Güvenliği Ve Standartları Üzerine Bir İnceleme. *Gazi Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 23(2), 507-522.

### Tezler

- Öztürk, Ö. (2009). *E-Postalarda Spam Sorunu ve Çözüm Önerileri*. (Uzmanlık Tezi). Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu. Ankara.



- Turhan, M. (2010). *Siber Güvenliğin Sağlanması, Dünya Uygulamaları ve Ülkemiz için Çözüm Önerileri*. (Uzmanlık Tezi). Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu. Ankara.
- Vural, Y. (2007). *Kurumsal Bilgi Güvenliği ve Sızma (Penetrasyon) Testleri*. (Yüksek Lisans Tezi). Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü. Ankara.

### **İnternet Kaynakları**

- APWG, (2019) Phishing Activity Trends Report, 10 Aralık 2019'da <http://www.apwg.org> adresinden alınmıştır.
- Nickolov, E. (2008). Modern Trends in The Cyber Attacks Against The Critical Information Infrastructure, Regional Cybersecurity Forum. 10 Aralık 2019'da <http://www.itu.int> adresinden alınmıştır.
- Türk Dil Kurumu, (2019). 12 Aralık 2019' da [www.tdk.gov.tr](http://www.tdk.gov.tr) adresinden alınmıştır.





## Askerî Motifler: Delilerin Kıyafetleri

Saadet DAĞ\*

### Öz

*Deliler Ocağı'nın Osmanlı Devleti'nde XV. yüzyılın sonlarına doğru, Rumeli'de teşekkül ettiği düşünülmektedir. Deliler, giydikleri kıyafetler, kullandıkları silahlar ve askerî manevraları itibarıyla görenler için "korkunç" denilebilecek görünümlü, cengâver askerlerdi. Deliler Ocağı günümüze göre değerlendirildiğinde, manevracı savaşçılar için popüler bir askerî ocağı denilebilir. XVII. yüzyıla kadar ekseriyetle valilerin kapılarında görev yapan deliler, maiyetinde oldukları valilerin vefatı ya da azledilmeleri durumunda işsiz kalmakta ve eşkıyalığa meyletmekteydi. XVII. yüzyılın sonlarına doğru ateşli silahların yaygınlık kazanmasıyla birlikte klasik Osmanlı delileri popülerliklerini kaybetmişlerdir. Çünkü bu askerler barutlu tüfeklerle değil, kılıçla, baltayla, gürz ve topuz gibi savaş aletleriyle cenk ederlerdi. Bunlardan sonra yeni tip silahları kullanabilen başka bir birlik daha oluşturulmuştur. Bu yeni birliğe de ilk dönem delilere benzetilmek amacıyla "deli" denilmiştir. Ancak bunların kıyafetleri, silahları ve fonksiyonları, hatta maaşları dahi klasik delilerden farklıdır. Mesela klasik deliler, vahşi hayvan postlarını kıyafet olarak tercih ederken, kuşkanatlarını da aksesuar olarak takarlardı. Buna karşın ikinci dönem deliler ise satenden şalvar ve renkli gömlekler giyerek, klasik delilere nazaran daha sade bir görünümde olurlardı. Ancak kaynakların çoğunda bu iki farklı askerî birlik tek bir ocağı temsil ettiği için kıyafet konusu da tam olarak aydınlatılamamıştır. Söz konusu karmaşadan yola çıkan bu çalışma, amacı itibarıyla hem Osmanlı kaynaklarını hem de imkânlar dâhilinde Avrupa kaynaklarını inceleyerek, tespit edilen veriler üzerinden delilerin kıyafetleri konusundaki karışıklığa açıklık getirmeye çalışmıştır.*

**Anahtar Kelimeler:** *Deliler Ocağı, Hayvan Postu, Kuşkanadı, Şalvar ve Gömlek.*

---

\* Yüksek Lisans Öğrencisi, Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Yeniçağ Tarihi Anabilim Dalı, saadet.dag.06@gmail.com  
ORCID: 0000-0002-1199-1386.

## Military Motifs: Clothes of Delis

### Abstract

*It is thought that the Deliler Military Unit appeared in the Ottoman state towards the end of the XV<sup>th</sup> century. Because of the clothes they wore, the weapons they used, and their military maneuvers, these brave soldiers were called “scary-looking” by those who saw them. As seen from today’s perspective, they were a popular military unit for maneuvering warriors. Until the XVII<sup>th</sup> century, the deliler, who mostly served at the gates of the governors, got unemployed when the governors died or were dismissed. So they were trying to get along with bandits. With the proliferation of firearms towards the end of XV<sup>th</sup> century, classical Ottoman Deliler lost their popularity. Because they would fight not with gunpowder rifles, but with sword, ax, clap and mace. After that, another unit was created, which could use new types of weapons. This new union was called “deli horsemen” in order to be compared to the first period of the deliler. However, their clothes, weapons, functions, and even their salaries were different from classical Deliler. For example, classical Deliler preferred peltry as clothes while wearing bird wings as accessories. On the other hand, the second period of Deliler were wearing satin shalwars and colored shirts, were more plain than them. However, since these two different military units are described as a unit in most of reference books, the clothing issue hasn’t been fully explained. The aim of this study is to explain the clothes of deli horsemen by examining Ottoman and European reference books.*

**Keywords:** Delis Military Unit, Peltry, Bird Wing, Shalwar and Shirt.

### Giriş

Deliler, XV. yüzyıl sonlarında Rumeli’de teşekkül edilen, düşmana karşı muazzam cesaret gösteren ve “yazılan gelir başa” şiarıyla hareket ederek ölüme meydan okuyan askerlerdir. Valilerin kapı halkından olan “deliler”, bilhassa Bosna ve Semendire Sancak Beylerinin kurduğu birlikler olarak bilinmektedir (Uyar ve Erickson, 2017: 108). Başlangıçta Rumeli Beylerbeyi ile uç beylerinin maiyetinde toplanan bu askerler, daha sonra Anadolu’daki vezir ve beylerbeylerinin maiyetine girmişlerdir (Yıldız, 2009: 164). Bunlar, cesaretlerini sergilemek için vücutlarına kesici aletler saplayarak yaptıkları gösterilerle, vahşi hayvanların post ve kürklerini giymekle, atlarını olağanüstü motiflerle süslemekle ve hatta kartal kanadı ile adeta bütünleşmekle nam salmış olan meşhur deli oğlanlardır. Bu askerler, “kalpaklarımız

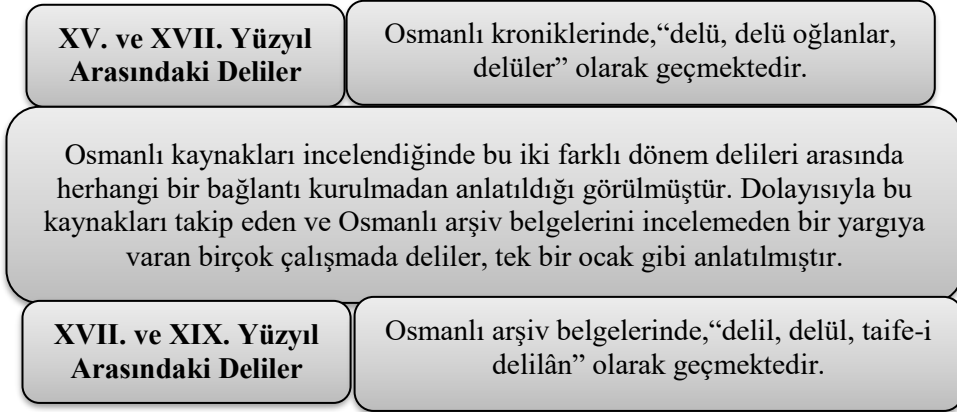
*emirü'l-mü'minin çizmesinin koncuğudur, ocağımız müşarünileyh efendimize mensuptur*" düsturuyla Hz. Ömer'e yürekten tabi olup, Osmanlı ordusuna muharebelerde hatırı sayılır zaferler kazandırmışlardır. Zaten bu zaferlerin ve cesaretin yansıması olarak "deli" adını bir unvan mahiyetinde kullanmışlardır. Ancak kaynaklar ekseninde, Deliler Ocağı incelendiği zaman, ortada isimlerinden mütevellit ciddi bir karışıklık olduğu açıkça görülmektedir. Deliler Ocağı'nın ismi deli mi, yoksa delil midir?

Delî kelimesi kavram olarak; aklını yitirmiş, aklî dengesi bozulmuş, mecnun, coşkun, azgın, davranışları aşırı olan kimse ve çılgın anlamlarına gelmektedir (TDK, 2020a). Türk kültüründe delî; korkusuz, gözü pek, atılgan anlamında olmakla birlikte tarihi bir terim olarak da delice cesaret ve atılganlıklarından ötürü bu askerî zümreyi temsil etmektedir (Özcan, 1994: 132). Dede Korkut hikâyelerine konu olan "Delî Dumrul, Delî Dünder (Gündüz, 2019: 98-109), Delî Karçar, Delî Evren ve Delî Karabudak" (Ergin, 1969) bu bağlamda örnek verilebilir. Delî ise; insanı aradığı gerçeğe ulaştırabilecek iz, emare ve kanıt anlamında olup (TDK, 2020b), Rumeli'de teşkil edilen bir sınıf süvari askeridir ki bunlara sadr-ı âli delileri de denmektedir (Kolçak, 2013: 225). Arapçada bunun anlamı kılavuz, yol göstericilik olarak bilinmektedir (Pakalın, 1993: 420). Buna istinaden halk arasında delice cesaretlerinden ötürü bu adı aldıkları halde devlet tarafından bunlara neden "delî" denildiğinin bir izahı olmadığını belirtmek gerekir (Uzunçarşılı, 1978: 516). Bu konuda aydınlatıcı mahiyette olan aslî kaynaklar Osmanlı kronikleri iken, başvurulacak kaynakların başında gelen Osmanlı arşiv vesikaları ise bu bağlamda yetersiz kalmaktadır. Delilerle ilgili arşiv araştırması yapıldığında dikkat çeken ilk husus, onların karıştığı eşkıyalıklar ve aldıkları cezalar olmuştur. Osmanlı kanunları, arşiv belgeleri arasında özellikle; mühimme, ahkâm, şikâyet ve tapu tahrir defterlerinde olup (Sarı, 2016: 256), delilerin cezalarına dair belgeler daha ziyade *T.C. Cumhurbaşkanlığı Devlet Arşivleri Başkanlığı Osmanlı Arşivi*'nde cevdet askeriye, dâhiliye, maliye, zabdiye, âl-i emiri ve hatt-ı hümayun tasniflerinde görülmektedir.

Öte yandan delî taifesinin kapısız kaldıklarında geşt ü güzârlarının arttığı (BOA., AE-SSLM-III-00041-02392-001), ocağın nizâmı gereği beher bayrağı, on neferden olmak üzere on beş bayrak delî neferi ile delîbaşı istihdam olunduğu (BOA., C-AS-00701-29439-001/002), eşkıyalık edenlerin kalpaklarının ellerinden alınması (BOA., C-DH-00010-00457-002), Kürd Ahmed Ağa, Numan Ağa, Ali Kaşif Ağa, Karşlı Hacı Mehmed Ağa ve Binbaşı Babadağlı oğlu İsmail Ağa ve bazı

delilân kullarına Zilkâde ve Zilhicce aylarında ödenmeyen iki aylık maaşlarının verilmesi (BOA., C-ML-00079-03637-001), deli olmadığı halde onların kıyafetleriyle dolaşanların ellerinden kıyafetlerinin alınması ve bunların çiftle uğraşmaları için memleketlerine gönderilmeleri (BOA., C-ZB-00020-00957-001), eşkıyalık ile nice hayvanı telef etmeleri nedeniyle Deliler Ocağı'nın ilga edilmesi (BOA., HAT-01232-48007-001) konulu belgeler, konuya binaen örnek verilebilir. Öte yandan ocağın eşkıyalardan temizlenmesi ve artık beylerin kapılarında çalışamayacak olanların da memleketlerine gönderilmeleri için alınan tedbirler, nizamnamelere de açıkça yansımıştır (Yeşil, 2016: 34).

Arşiv belgelerinin dilinden yansıyan şudur ki deliler, devletin resmî evraklarında “delil” olarak zikredilmektedir. Buna karşın Osmanlı kroniklerinde ise bazı küçük detaylar dışında genellikle “deli” olarak geçmektedir. Bunun nedeni şimdilik kesin bir sonuca bağlanmamakla birlikte esasında delilerin iki ayrı dönemde yaşayan, iki ayrı birlik olmalarından ileri gelebileceği gibi bu farklılık, kâtiplerin tasarrufuyla da ilgili olabilir. Bu nedenle delileri, klasik ve ikinci dönem deliler olarak sınıflandırmak daha uygundur. Delilerin dönemsel farklılıkları Şekil 1’de gösterilmiştir.



**Şekil 1.** Delilerin Dönemsel Farklılıkları

Delilerle ilgili arşive yansıyan konulardan biri de delilerin maaş mevzusudur. Zira belgelere binaen ikinci dönem delilerin aldıkları maaşlardan “ulufe” olarak bahsedilmesi bu görüşün başlıca dayanağıdır (BOA., C.AS-01024-44894-001). Oysa birçok kaynağa göre bunlar ücretsiz çalışan, akınlardan elde ettikleri esir ve

ganimetlerle yetinen askerlerdi (TSK Tarihi, 1964: 234-235). Öte yandan delilerle ilgili detaylı bilgi veren en önemli kaynak ise “Kabudlu Hacı Mustafa Vasfi’nin Hatıraları”dır (Schmidt, 165-287). Vasfi de bir delidir. Anılarını derlediği kitapta, kendilerinden deli ve başları olan reislerinden de delibaş olarak bahsedilmesi, onun yaşadığı XIX. yüzyıl dikkate alındığında, Deli Mustafa’nın da ikinci dönem delilerden olduğunu ispatlar mahiyettedir (Koçyiğit, 2016: 5-37). Dolayısıyla klasik delilere benzetilmek için sonradan oluşturulan delilerin adlarının ihtimal dâhilinde delil olabileceği kanısı da bu hatıratla birlikte yok olmaktadır. Buna karşın delilerden bahseden kaynakların bir kısmı, bu askerlerin çoğunun Türk halkı arasından cesur gençlerden seçilen süvari askerler olduğunu ve cesaretlerinden ötürü bu ismi aldıklarını savunmaktadır (TSK Tarihi, 1981: 135).

Deliler Ocağı askerleri Osmanlı kaynaklarında deli gücünde olan cesur yiğitler şeklinde tarif edilirken, Avrupa kaynaklarında ise ürkütücü ve garip kıyafetli adamlar olarak belirtilmişlerdir (Du Loir Seyahatnamesi, 2016: 88). Bunun nedeni, deli oğlanların kılık kıyafetlerinde ekseriyetle hayvan figürleri tercih etmeleri, kesici-delici aletleri aksesuar olarak kullanmaları, hatta onlarla kanlı gösteriler yaparak vücutlarına zarar vermelerinden ileri gelmektedir. Bu şekilde görünmeleri, onların hem ürkütücü bir figür hem de cesur bir kahraman gibi algılanmalarına neden olmuştur. Bunda şüphesiz ki sahip oldukları inanç ve imanın etkisi büyüktür. Nitekim deli oğlanlar, bir bakıma içlerinde yeşerttikleri kadercilik anlayışı ile ölüme meydan okuyan cesur askerlerdi. Ancak ne kadar cesur olsalar bile yine de tarihi kaynaklara göre, dış görünüşleri yüreklerinin önüne geçmiştir. Bir süre sonra yaptıkları işler, kazandıkları zaferler ya da uğradıkları yenilgilerden ziyade kıyafetleri ile anılmaya başlanmışlardır. Bu bağlamda delilerin, tarih sahnesine çıktıkları andan günümüze kadar süregelen popülerliklerinin sebebi, bu olağanüstü kıyafetleri de denilebilir. Kimi zaman beylerbeylerin kapılarında gösterişli kıyafetlerle, kimi zaman da cenk sahasında ürkütücü aksesuarları ile Batılı seyyahların kalemlerine mürekkep olmuşlardır. Onların betimlemeleri olağanüstü ve ürkütücü bir deli askerî motifi ortaya çıkarmıştır. Belki de bundan dolayı “Avrupa’da Türk korkusu” algısı içerisine muhtemelen deliler de yerleştirilmiştir. Bundan mülhem deliler, birçok Osmanlı kaynağında hiç yenilgiye uğramayan ve kazandığı zaferleri de bileğinin gücü ile bir çırpıda elde eden muhteşem askerler olarak anlatılmışlardır.

### Osmanlı Kroniklerinin Aksettiği Şekliyle Delilerin Kıyafetleri

Celâlzâde delileri; “*Kurt takyalı, tekne kalkanlı, kartal kanatlı müthiş askerler olup, ayı ve kaplan postundan elbiseler giyen, Kerbelâ tesbihli, solaklı ve garip kıyafetli divâneler*” (Celâlzâde, 1937: 155) olarak tasvir etmiştir. Bunlar, Rumeli’nin kahraman yiğitleri olmakla birlikte başlarına kalpak giyen çıkırcık mahmuzlu oğlanlardır. Her daim başarı ile donanmış olan kartal kanatları takan iri cüsseli ve ahenkli yiğitlerdir. Kuşkanadıyla kendilerini süsleyen kurt kürkü giysili olan bu askerler, adeta timsah hileli birer kaplan ve cenk sesli aslanlar gibi ata binen gösterişli mertlerdir (Celâlzâde, 1990: 376). Celâlzâde’nin verdiği bu bilgilerdeki deli askerî figürü, görüldüğü gibi son derece ihtişamlı bir tasvirdir. Onun deliler hakkındaki tasvirleri, delilerden bahseden çalışmalara da yön vermiş ve başvuru alan ilk kaynaklardan olmuştur. Bu cümleden onun yapmış olduğu bazı benzetmelerle hem dönemin Osmanlı askerî gücüne hem de devrin padişahı olan Kanuni Sultan Süleyman’ın görkemine gönderme yaptığı söylenebilir. Ayrıca Rumeli’nin Kahraman Yiğitleri tamlaması ile de ata toprağına vurgu yapmış olma ihtimali oldukça yüksektir. Nitekim “Koca Nişancı” lakabı ile tanınan Celâlzâde, meslek hayatının çoğunu Rumeli’nin çeşitli kazalarında geçiren Tosyalı Kadı Celâleddin’in oğludur (Kerslake, 1993: 260).

Neşrî’ye göre deliler, mahmuz çıkırcıklı çarkları olan ve deri takkeleri ile tanınan gerçek Rumeli dilirleri yani delileri, dilaverleri ve hatta yiğitleridir. Aslında bir bakıma olması gereken asıl Rumeli askeri tarifine uyan gerçek erlerdir.

*“...bellerindeki Seyit Gazi meftûlleri değirmen taşlarına dönüp, mahmuz çıkırığı dahi çarkları idi. Deri takkeli delilerin atları boynundaki öten ziller, dürtüşükleri küffârın nâle vü figanları idi.*

*Atları boynunda kim her bir delinin var idi,*

*Sanma zillerdir ötenler, nâle-i küffâr idi.*

*... Bu tarz-ı garib ve tavr-ı acib ile bölük bölük kâfirlere, köpeksiz koyuna kurt girer gibi koyuldular”* (Neşrî, 1995: 669).

Görüldüğü şekilde Neşrî, delilerden bahsederken biraz daha edebî bir betimleme yapmıştır. Zira gerçek kahramanlar destanlara konu olurlar ve haklarında satırlarca hatta sayfalarca dizeler, beyitler yazılır. İhtimaldir ki Neşrî’nin delileri gerçek birer Rumeli askeri olarak görmesi ya da göstermek istemesi, onlar hakkında beyit yazılmasını da kaçınılmaz kılmıştır. Örneğin “Beş Hececiler” olarak bilinen



edebî topluluğun içerisinde anılan (YKY, 2010: 645) Enis Behiç Koryürek'in "Süvariler" adlı şiiri de bu bağlamda örnektir (Turhal, 2018: 43). Bu şiir, cepheden izler taşımakta olup, Türk askerini yüreklendirmeye yönelik yazılmış olan kıymetli mısralara sahiptir (Gündoğan, 2016: 104-105). Bahsi geçen şiirde, kasırga gibi tarif edilen yedi bin neferlik bir süvari alayı için, varılmayan ufukların çok uzak olmadığına (Çandır, 2015: 25) dair ince mesajlar verilmiştir.

Mahmud Şevket Paşa'ya göre; "*deliler süvari askerleri olup, "deli kalpağı" adıyla bilinen üst tarafı siyah çukadan ve aşağısı kuzu derisinden olan, uzun bir kalpak takarlardı.*" Arkalarına takılı bir salta ile bacaklarına dar bir şalvar, ayaklarına da mahmuzsuz kırmızı çizme giyerlerdi (Mahmud Paşa, 2014: 66). Mahmud Paşa'nın verdiği bilgilerden yola çıkarak delilerin kıyafetleri hakkında Celâlzâde ve Neşri'nin aksine, mitolojik değil de daha gerçek karşılanabilecek bir deli figürü kıyafeti anlaşılmaktadır. Aradaki bu ciddi kıyafet farklılığının aynı dönemin deli askerlerine ait olup olmadığı mevzusu, biraz kafa karıştırırsa da daha ziyade sonradan teşkil edilen ikinci dönem delilere işaret ettiği, kaynaklar doğrultusunda anlaşılmaktadır. Bu bağlamda delilerin şalvar da giydiklerine yer veren Mahmud Paşa'nın çizdiği kıyafet tasvirlerinin önemi de unutulmamalıdır.

Peçevî'ye göre deliler; "*kurt postu giyen ve kurt başlıkları takarak cenge giden yiğitlerdi*" (Peçevî, 1981: 319). Bilhassa 1554 yılında Rumeli Beylerbeyi Sokullu Mehmed Paşa'nın maiyetinde olan deliler, giydikleri kaplan postu ve taktıkları kurt başlıkları ile meşhurlardı. Buna istinaden aynı kapıdaki deliler, çekirdek mahmuzlu ve tekne kalkanlı Rumeli Yiğitleri olarak da tanımlanmaktaydı (Peçevî, 1981: 219). Burada dikkat çeken husus, Peçevî'nin kurt postu tasviri ile Celâlzâde'nin verdiği ayı ve kaplan postu tasvirine olan yakınlıktır. Bundan önce tekne kalkanlı tasvirini yapan Celâlzâde'ye olan benzerliği ile dikkat çeken Peçevî, esasında diğerlerinden daha farklı bir izlenim vermektedir. Bu da kurt postu ve kurt başlığıdır. Tarih boyunca adeta Türkler ile bütünleşmiş olan kurt figürü delilere yakıştırılarak belki de deliler esasında Türk idi imajı çizilmek istenmiş olabilir.

Mustafa Nuri Paşa'ya göre; "*deliler başlarına üst yanı kara çuhadan ve alt yanını kuzu derisinden olan uzun ve âdeta Mevlevî sikkesini (baş giysisi) andıran bir biçimde başlık giyerlerdi*" (Nuri Paşa, 1992: 330). Neşet Çağatay'a göre; Nuri Paşa'nın bahsettiği deliler muhtemelen Anadolu'da yeni kurulan ve kılık kıyafetleri ile XV. yüzyılda Rumeli'de teşekkül etmiş olan delilerden oldukça farklı olan ikinci dönem deli birlikleri için geçerlidir (Nuri Paşa, 1992: 35). Nuri Paşa'nın verdiği deli tasviri her ne kadar Mahmud Şevket Paşa'nın verdiği tasvir ile uyuşsa da esas kritik

olan nokta; Neşet Çağatay'ın yapmış olduğu açıklamadır ki buna göre sonradan yeni bir deli birliğinin daha kurulduğuna ilk kez burada işaret edilmektedir. Böylelikle Nuri Paşa ve Mahmud Şevket Paşa'nın diğer kronik müelliflerinden daha farklı bir kıyafet tasviri yaptığı unutulmamalıdır. Nuri Paşa'nın delilerin kalpaklarını, Mevlevî sikkesine benzetmiş olması da bize hem delilerin yaşadıkları dönem hakkında hem de sahip oldukları inanç konusunda biraz da olsa bilgi verebilecek mahiyettedir.

Ömer Bosnavî'ye göre deliler; “*ata kolayca binmek, attan kolayca inmek ve yürümek için dar ve kısa elbiseler giyerlerdi.*” Bosnavî yaptığı tasvirle, şimdiye kadar yer verilen Osmanlı kroniklerinin deli tasvirini neredeyse çürütmektedir. Delilerin ekseriyetle düşman korkutmak için olağanüstü motifleri giydikleri konusunda birçok kitabî kaynak hemfikirdir. Lakin Bosnavî, ilk defa delilerin daha rahat ve kullanışlı kıyafetler giydiklerine işaret etmiştir. Bura da dikkat çeken nokta, delilerin bir bakıma cenge giderken dahi konforlarına önem vermiş olmalarıdır. Yalnızca bu bilgilerden yola çıkarak delilerin nasıl giyindiklerini kesin olarak tespit etmek mümkün değildir. Bundan mühlhem Bosnavî'ye göre bu deli oğlanlar, “*sırtlarına kurt ve kaplan postlarıyla kartal kanadı alıp, başlarına da kurt tekkesi* (Bu ibare, Bosnavî tarihinde aynen yazıldığı şekilde geçmektedir. Burada “kurt tekkesi” ibaresi o dönemde kullanılan özel bir ifade olabileceği gibi, basit bir yazım yanlışından ötürü “takke”nin “tekke” yazılmasından da kaynaklanmış olabilir. Yine de esere sadık kalınması açısından bu ibare aynen alınmış olup, yapılan açıklama da yerinde görülmüştür.) *olarak adlandırılan kalpaklardan giyerlerdi.*” Bunların kuşkanadından yapılmış ve gümüşle kaplanmış fakla denilen büyük çelenkler koydukları da Bosnavî tarihinde delilerin başlıklarıyla ilgili geçen bir başka noktadır (Bosnavî, 1979: 122).

XVI. asırda yazılmış Grekçe Anonim Osmanlı Tarihi'ne göre; “*deliler yeşil gömlek giyinerek sırtlarına da kartal kanatları takmış olan askerlerdi.*” Onlar, cesurca cenk eden yiğit Türk süvarisi, olarak tasvir edilmişlerdir (Baştav, 1973: 131). Bu eserde ne yazık ki delilerin kıyafetleri ile ilgili yukarıda yazılı olandan daha fazla bilgi bulunmamaktadır. Kayda alınmış olan bilgiler de dönemin diğer kaynaklarının verdiği bilgilerle kolay mukayese edilebilmesi için bu çalışma içerisine dâhil edilmiştir. Öte yandan bu eserde, delilerin hem yeşil gömlek giyinmeleri hem de kartal kanatları takarak cenk etmelerinden bahsedilmiştir ki bu iki tasvir de birbirinden uzaktır. Zira gömlek, şalvar ya da dar kıyafetlerle tasvir edilen delilerin yukarıdaki tanımlamada ilk kez gömlek rengine yer verilmiştir. Bu durum ilk bakışta önemli bir detay gibi görünse de eserin müellifi dahi belli olmadığından verdiği

bilgilerin de diğer tarihçilerinden etkilenilerek kaleme alınma ihtimali hayli yüksektir.

Evliya Çelebi'ye göre deliler; gösterişli taçları ve kurt, kaplan ve hatta ayı postları ile nam salmış süvarilerdi. Çelebi'nin verdiği teferruatlı bilgilerle günümüze ışık tutmasının yanı sıra aslında onun bir sosyal tarihçi olduğu göz önüne alındığında, kullandığı üsluptan ötürü okurken bir yandan öğretmesi diğer yandan da eğlendirmesi gayet tabiidir.

“... andan kâmil bin aded gönüllü cevşi ve deli askeri pürsilah semmûr taçları ve Salihli taçlar kurunây taçlar ve yelketi taçlar ve Evrenosi taçlar ve Gazi Porçavi taçlar ve Kürs İlyasi taçlar ve Behluli taçlar ve Gazi Mihali taçlar ve Hurumi taçlar ve Kâsîmi taçlar ve Balılı taçlar ve Yanyalı yeşil kulaklı çuka taçlar ve Manlifke taçlar ve Arabî taçlar ve Bektâşi tac-ı afî tâbiler ve tac-ı Kalenderiler giymiş ... Deliler simurg otağaları ve balıkçıl telleri ve turna telleri ve ablak deve murgu telleri ve şahin ve zağanos telleriyle mezkûr taçların zeyn edüp beş altı yüz mikdarisi semmûr kopa niceli ve kimi bebr ve arslan ve kaplan u kurd ve ayu postlu ve kimi zülfikârî çekmanlı ve kimi Porçavi çekmanlı ve kimi dîrhani çekmanlı ve dorayi ve harayi ve kadife ve kemha gömlekli ve her birinin arkasında miski kartal ve karakuş ve devlengeç ve ukab kuşlarının kanatları bağlı idi” (2000: 102).

Hasan-ı Rumlu'ya göre deliler; “*Varna Savaşı'nda cenk ederken, kaplan postu giyinmiş cesur askerler*” olarak tarif edilmişlerdir (Rumlu, 2006: 281). Rumlu'nun tarihinde de tıpkı Anonim Osmanlı Tarihi'nde yazıldığı gibi delilerle ilgili detaylı bir bilgi bulunmamaktadır. Yalnızca kaplan postu giyerek cenk eden askerler olarak tarif edilmişlerdir ki bu tasvirle muhtemelen adeta kaplan gibi savaşıyan yiğitler olarak, kahramanca bir betimlemeye tabi tutulmuşlardır. Bu bilgilerden yola çıkarak, diğer müverrihlerde yer almayan daha açık bir ifade ile delilerin kıyafetlerinin tarif edildiği bölümlerde, herhangi bir savaş emaresine rastlanmaz iken, Rumlu'nun tarihinde açıkça Varna Savaşı'na işaret edilmiştir. Bu bilgi aslında savaşın tarihi olan 1444 senesi dikkate alındığında, delilerin XV. yüzyılda tarih sahnesine çıktıkları ve hatta dönemin aktif askerleri oldukları kanısını destekler mahiyettedir.

### Batılı Kaynaklara Aksettiği Şekliyle Delilerin Kıyafetleri

Osmanlı tarihçilerinin dışında bu askerlerle ilgili Batılı kaynaklarda da bazı bilgiler verilmiştir. Zira deliler, enteresan kıyafetler giyinen ve bu görünüşleri ile düşmana dehşet veren askerler olarak anlatılmışlardır. Mesela bir Fransız seyyah olan Du Loir, seyahatnamesinde kraliyet danışmanı ve “Saint Savveur Manastırı” duacısı olan Mösyö Du Puy’e yazdığı bir mektupta delilerle ilgili şu ibareye yer vermiştir: *“IV. Murad’ın yanında kendilerine deliler denilen kimseler eşlik etmekteydi. Bu deliler sadece kendi kahramanlıklarından bahsediyorlar ve bunlar garip bir biçimde panter, kaplan ve leopar derileri giyiyorlar ve saçları atkıyruğuna benziyordu”* (Du Loir; 2016: 87-88). Jorga’nın verdiği bilgiler de bu açıklamayı destekler mahiyettedir. Jorga’ya göre deliler, hayvan derilerinden yapılmış giysilerin içinde başlarında iki kartal tüyü ve süslenmiş başlıkları ile uzun saçlı bir şekilde tasvir edilmişlerdir (Sorga; 2005: 710). Buradaki önemli nokta, Du Loir’in bizatihi gözlemlerine dayanarak vermiş olduğu bilgilerin tarihin seyri açısından kıymetli olmasıdır. Delilerin yeşil ve sarı satenden ceketlerinin üzerinde yine aynı renkte olan satenden bir başka ceket daha giyindikleri bilinmektedir. Tıpkı Cizvitlerinkine benzer fakat daha ufak birer yakalıkları olduğu belirtilmektedir. Bazılarının önden ve arkadan yükseltilmiş sağ ve solu sivrileşen kırmızı külahları vardır. Bazılarında bu külahlar sade, bazılarında ise yeşildir. Kimileri de külahlarının üzerinde birer sorguç taşımaktadır (Aybet, 2010: 406). Bu bilgilerden de anlaşıldığı üzere, kaynaklar Batı’ya yaklaştırıldıkça ortaya Mahmud Şevket Paşa, Nuri Paşa ve Ömer Bosnavî’nin çizdiği deli resmine benzer bir tablo çıkmaktadır. Öte yandan Osmanlı kroniklerinin verdiği bilgilerin aksine Batılı kaynaklarda delilerin kaplan, kurt ve ayı postunu çok tercih etmedikleri, bunları yalnızca elbise üzerine birer aksesuar gibi kullandıkları belirtilmektedir. Dikkate değer önemli bir başka konu da Batılı bir seyyahın kaleminden çıkan bu bilgilerde, delilerin IV. Murad döneminde de var olduklarının kaydedilmesidir. Kaynakların en belirgin ortak özellikleri, şüphesiz ki leopar derileri ve kartal kanatlarıdır (Jorga, 2005: 974). Hammer, delilerin kalpaklarının Macar kalpağına benzediğini, ancak delilerin çok uzun samur kürkleri giydiklerini söylemektedir (Hammer, 2010: 124). Deliler, Cizvitlerden sonra bir de Macarlara benzetilmiştir. Galland’a göre, delilerin amirleri olan delibaşlar da başlarındaki kenarları samur ve yarım ayaktan on yedi santimetre yüksek kalpaklarla fark edilmektedir (Özcan, 1994: 133). Delilerin en belirgin özellikleri kırmızı başlıklar giyerek, omuzlarına çeşitli kuşların kanatlarını takıp, samur kürkleri ve

uçlarına yeşil, beyaz, sarı ipek püsküller takılmış gönderler taşımalarıdır (Hammer, 2010: 124).

Fransız elçisi M. De Naintel'in maiyetinde 1672 yılında İstanbul'a ve Edirne'ye gelen Antoine Galland, IV. Mehmed'in Lehistan Seferi'ne çıkışı münasebetiyle yapılan törenlerle ilgili gözlemlerini nakle ederken Vezir-i Azâm'ın maiyetinde bulunan delileri de şöyle tasvir etmektedir: "Kıyafetleri temiz, fakat garipti. Hepsı boylu boslu, çevik ve hemen hemen aynı yaşta gençlerdi. Başlarında şayaktan külahları vardı. Bunların üzerinde de çeşitli renklerde ipek kumaşlar düğümlemişti. Bu kumaşlar başlarının arkasından enselerine iniyordu. Aynı şayakta yarı kollu ve bunların üzerinde iç gömlekleri dirseklere kadar kıvrılmış ceketleriyle eş renkte bir potur ve memleket usulünde hafif kunduraları vardı. Öteki deliler ise yeşil ve sarı satenden ceketlerinin üstüne yine aynı renkte satenden bir başka ceket giymişlerdi. Bunların küçük birer yakalığı vardı. Bunun üstünü; kaplan derisi örtmüştü. Bazısı bunu eşarp şeklinde, bazısı da göğsünün üzerine bağlı bir kaftan şeklinde sarmıştı. Bazılarının başında önden ve arkadan yükseltilmiş sağ ve solu sivrileşen kırmızı külahları vardı" (Özcan, 1994: 133).

1573 yılında bir Alman firmasının temsilcisi olarak Kıbrıs Adası'na gelen Hens Ulrich Kraft, adadaki Osmanlı komutanının çadırında gördüğü bir deli askerini şu şekilde tasvir etmektedir: "Nöbetçinin önünde solda ciddi yüzlü bir adam duruyordu. Sağ elinde de demirden topuz yerine keskin dişleri olan bir merdane taşıyordu. Adamın sırtında kırmızı bir biniş ve başında nefis kırmızı aşağı sarkan kenarları büyük bir başlık vardı. Vahşi görünüşünü kuvvetlendirmek için üzerinde dizlerine kadar inen muhteşem bir avcı derisi bulunuyordu. Böyle heriflere Türkler, deli (delibaş) derler. Gerçek birer serdengeçti olan bu kişiler asıl askerî kuvvetlerin önünden giden öncülerdir" (Turhal, 2018: 29). Bizanslı tarihçi Khalkokondiyales, delilerden şöyle bahsetmektedir: "Öyle görünüyor ki doğa onlara herkesin üstünde bir güç ile vücut kuvvetini ve bununla beraber delilerin gücünü denemek isteyenlerin kuvvetini dahi aşabilecek düzeyde ve rastlanmayan nitelikte kılıç kuşanma ve savaşma becerisi vermişti" (Turhal, 2018: 27).

Nicolas de Nicolay, delilerin kendi aralarında birbirlerine "zatazniki" dediklerini ve Sırp-Hırvat kökenli olan bu tabirin döne anlamına gelmesine rağmen delilerin dilinde "insanlara meydan okuyan adam" şeklinde kullanıldığını belirtmektedir. Nicolay, Aramon Senyörü ile birlikte Edirne'de Vezir-i Azâm Rüstem Paşa'nın evinde misafir olduğu sırada, bir deli askeri ile karşılaştığını ve bu

delinin, onların karakaşına kara gözüne değil de sırf hediye alabilmek için konuta kadar kendilerini takip ettiğini söyleyerek, bu deliyi şöyle tasvir etmektedir:

*“Vardığımızda karnını doyurduk, o da bize kendisi hakkında bilgiler verdi. Ben bu sırada onun tuhaf giysisini inceledim ve notlar aldım. İç eteği uzun ve geniş bir pantolonu vardı. Türkler, bunu şalvar olarak adlandırırlardı. Poturları ayı postundan yapılmıştı, altı yeşil marokendendi. Ön tarafları sivriydi, arkaları bir demir pençeyle yükseltilmişti. Yanlarına da uzun ve geniş mahmuzlar asılmıştı. Başlarında Polonyalıları veya Gürcülere özgü yüksek bir başlık vardı. Leoparın postundan yapılmış olan başlık, yandan omuzlarına doğru sarmaktaydı. Bunun üstüne de kendilerini daha öfkeli göstermek için bir kartalın kuyruğuyla iki kanadını altın sarısı çivilerle tutturarak, alınlarından aşağı sarkıtırlardı. Silah olarak pala ve hançer kullanırlardı. Sağ ellerinde ise, bir busdeghan yani topuzu dikenli bir silah tutarlardı. Büyük Türk’ün Boğdan Seferi için Ahmed Paşa’nın (ki o da yatağında boğularak öldürülmüştü) yanına aldığı askerî güçle birlikte Edirne’den ayrılmasının üstünden birkaç gün geçtikten sonra onu güzel bir Türk atının üzerine binmiş halde görmüştüm. Atın sırtı bir aslan kürküyü kaplanmıştı ve aslanın iki ayağı atın göğsünün ortasından bağlanmış, diğer iki ayağı ise arkada sallanmaktaydı. Bozdoğanı atın eyer başına asılmıştı ve sağ elinde uzun ve yassı bir mızrak tutmaktaydı” (Nicolay, 2014: 277-278).*

Bir deli askeri ile bizatihi konuşmuş tek yazar olması bakımından Nicolay’ın verdiği bilgiler çok önemlidir. Onun anlattıkları, Batı literatüründe Deliler Ocağı’na tanıklık edebilecek mahiyettedir. Yukarıda sözü edilen ve “Büyük Türk” olarak tarif edilen, dönemin padişahı Kanuni Sultan Süleyman’dır. Öte yandan Nicolay daha önce hiçbir kaynakta geçmeyen önemli bir tabirden bahsetmektedir. Zatazniki olarak kullanılan bu ifadeye ilk kez bu eserde rastlanılmaktadır. Bunun dışında “busdeghan” diye kullanılan ifadenin de burada geçtiği haliyle delilerin kullandıkları bozdoğan olduğu görülmektedir. Ayrıca dönemin padişahı ve Nicolay’ın eserini yazdığı 1576 yılı dikkate alındığında, yukarıda işaret edilen Boğdan Seferi’nin de 1538 yılında Kanuni Sultan Süleyman’ın bizzat ordusunun başında katıldığı sefer olduğu anlaşılmaktadır.

Venedikli yazar Cesare Vecellio 1598 tarihli eserinde, Osmanlı Türkleri'nin kıyafetlerini incelerken delilere de yer vermiştir. Delilerin at üzerinde son derece cesur göründüklerini belirten Vecellio, onların böyle davranarak herkesi kendilerinden korkmaları yönünde bir bakıma uyardıklarına dikkat çekmektedir. Onun eserindeki deli figüründe dikkate değer ilk nokta ise delinin kafa derisinde açtığı bir delik, yani bir yara içerisine yerleştirdiği uzun kuş tüyüdür. Bu tüyler, adeta delinin kendi kafasının bir parçası gibi görünmekteydi. Gür ve iki yana doğru kıvrımlı bıyığı olan bu deli, önü düğmeli ve altı geniş kesimden oluşan bir mintan giymiştir. Sırtında da tek düğmeli bir pelerin sallanan delinin belinde de kuşak vardır. Altında yine düklerin kıyafetini andırır bir şekilde tayt nevi bir alt giysisi ve ayaklarında da hafif topuklu, ucu sivri olan bir çift pabuç vardır. Bir elinde kılıç diğer elinde omuzuna aldığı savaş çekiciyle poz verir bir şekilde resmedilen deli (Turhal, 2018: 92-93), herhalde dönemin Avrupa devletlerinde gücü ve ihtişamı simgeleyen nitelikteki kıyafetlerle benzer şekilde resmedilmiştir. Ayrıca bundaki bir başka gaye onların ne kadar güçlü askerler oldukları ve bu kıyafetlerle ne denli ihtişamlı göründükleri izlenimini vermek olabilir.

Bernard Picart'ın 1733 ve 1737 tarihli eserlerinde tarif ettiği deli askeri, biraz daha Avrupaî bir görünüme sahiptir. Başında tam olarak hangi millete, hangi dine ait olduğu belli olmayan tuhaf bir başlık vardır. Bu başlık yüksek ve düz bir kumaştan yapılmış olup, deli askerinin omuzlarına kadar inmektedir. Başlığın omuzlarda bıraktığı boşluk ise arkadan sarkan ve aşağıya doğru genişleyen bir pelerinle tamamlanmaktadır. Bu pelerin öylesine uzundur ki askerin alt baldırlarına kadar inmektedir. Üzerinde de yine aynı şekilde önü düğmeli ve alta doğru pileli olarak genişleyen çok havalı bir mintan vardır. Mintan, içeriden belini kuşatan kalın, büyük ve yuvarlak tokalı bir kemerle tamamlanmaktadır. Altında tayt nevi dar bir pantolon vardır ki bunun boyu da ayak bileklerine değmemektedir (Turhal, 2018: 110-111). Bacaklarının bir kısmını açıkta bırakan bu kıyafet, tamamen modern bir asker figürüne benzemesine rağmen klasik Osmanlı deli askerine benzememektedir. Burada muhtemelen deli askerine Avrupaî tarzda bir imaj verilmek istenmiş olabilir.

David Nicolle'nin eserinde deli; leopar desenli ve tepesi siyah uzun tüylü bir başlıkla çizilmiştir. Mavi renkli, kolları ve ön kısmı düğmeli bir mintan giymiş olan delinin omuzlarını, yine başlığıyla aynı renk olan leopar desenli pelerin nevi bir dış giysisi örtmektedir. Mintanın altından ön kısmı açık kahveye çalan tonlarda ayrı bir kumaş parçası sallanmaktadır. Bu parça askerin dizlerine kadar inmektedir. Alt giysisi olarak da şalvar giymiştir. Sarı renkte ve oldukça geniş olan bu şalvarı, delinin

ayaklarındaki daha koyu renk sarı olan sivri uçlu bir çift çizme tamamlamaktadır. Sol elinde kalkan tutan bu delinin elindeki kalkanın kenarları da altın rengidir. Ortası da beyaz renkte olup, tam ön kısmında siyah renkte bir kartal kanadı ve hemen altında da bir kartal pençesi vardır (Nicolle, 2014: 29). Bu kalkanın üzerindeki işlemlerin çizim olduğu açıkça belli olmaktadır. Nitekim üç boyutlu yapılan deli kalkanındaki kartal kanatları, kalkanın üstünü ve kenarlarını aşacak ölçüde büyük ve gerçek kanatlardır. Buna karşın diğer deli oğlanlar gibi bıyıklı olan bu delinin de başlık altından saçlarının tıraş edilmiş şekilde çizilmesi dikkate değerdir.

Benedict Curipeschitz günlüğünde, Hüsrev Paşa'nın maiyetindeki delilerin, üzerlerindeki renkli kordon ve kadife işlemeli, yaldızlı, ipekli kıyafetlerle oldukça etkileyici göründüklerini kaleme almıştır (Nutku, 1977: 23). Dolayısıyla zamanla kıyafetlerinin değişmesi, delilerin daha farklı resmedilmelerine neden olmuştur. Mesela Rodos'un düşüşü sırasında resmedilen bir deli askeri, minyatürlerde sıklıkla rastlanılan deli figürü algısını neredeyse yıkmaktadır. Bu deli, mavi renkte yarım kollu ve dizlerine kadar inen uzunlukta önden yırtmaçlı bir elbise giymiştir. Bu dış giysisinin kol kısımlarını, içeriden gelen kırmızı renkli başka bir iç giysisi tamamlamaktadır. Keza altına giydiği tayt nevi kırmızı dar pantolonu da bu içlikle uyum sağlamaktadır. Öyle görünüyor ki içine giydiği kırmızı kıyafet ile üzerindeki mavi renkteki ceket nevi dış giysisi kıyafetin ihtişamını artırmaktadır. Ayaklarında siyah ve ucu sivri kısa bir çift pabuç olan bu delinin başlığı, görülmeye alışık olunanın biraz dışındadır. Nitekim beyaz ve üzerindeki desenleri net olarak belli olmayan bu başlık, meşhur tüyler ve kanatlarla donatılmış delibaşlığından ziyade son derece sade bir kavuk şeklinde durmaktadır (Bilgili, 2016: 43). Bu haliyle deli askeri daha ziyade Nizâm-ı Cedîd ordusu mensubu gibi görünmektedir.

### **Osmanlı Minyatürlerine Aksettiği Şekliyle Delilerin Kıyafetleri**

Süleymannâme'ye konu olan bir minyatürde, Deli Sinan ile Eugene isimli Macar askerinin karşılaşması resmedilmiştir. Dikkat edilirse, bu minyatürde bir deli askerinin adının verildiği görülmektedir. Bu detay, delilere komuta eden delibaşların kimler olduğu hakkında yardımcı olabilir. Zira o kadar deli askeri varken yalnızca birisinin öne çıkarak ismiyle birlikte zikredilmesi, akıllara Deli Sinan'ın delibaş olabileceğini getirmektedir. Bu minyatürden de anlaşılacağı üzere at üzerinde savaşa devam eden delinin kıyafeti beyaz renkli ve siyah benekli olup üzerindeki desenlerle bir leoparı andırmaktadır. Bu kıyafetin üzerinde duran ve deli askerinin beline



bağlanmış olan kuşak nevi siyah bir kemer vardır. Ayrıca bu deli, elbisesinin altına kırmızı bir şalvar giymiştir ki bu giyim tarzı bazı Osmanlı kroniklerini desteklemektedir. Bıyıklı bir şekilde resmedilmiş olan delinin başında kanat şeklinde iki yana uzanan siyah tüylerle kaplı bir başlık vardır. Bu siyah tüylerin en tepe noktasında, kuzeye doğru yükselen ve beyaz renkli uzunca bir tüy daha vardır. Ayağında da sarı renkli ve ucu sivri olan çukruk mahmuzlu çizme nevi bir pabuç bulunmaktadır. Bir eliyle atın dizginlerini tutan bu deli askeri, diğer eliyle de kılıç tutarak savaşmaktadır (Çelebi, 1986: 132-133).

Süleymannâme'deki en güzel minyatürlerden biri de Mohaç Meydan Muharebesi sırasında cenk eden yiğitlerin çarpıcı sahnelerine aittir. Minyatürde verilen bilgilere göre, iki büyük lider dikkat çekmektedir. Bunlar akıncı beyleri olarak resmedilen Semendire Sancakbeyi Bali Bey ve Bosna Sancakbeyi Hüsrev Bey'dir. Minyatüre göre bunların hemen önünde iki Macar askeri ile çarpışan bir deli askeri vardır. Bu delinin üzerinde entari nevi bir kıyafet vardır. Bu kıyafet beyaz renkli olup, üzerindeki desenler ile bir parsı andırmaktadır. Bu asker de tıpkı diğer deliler gibi bıyıklıdır. Belinde kırmızı bir kuşak olan bu deli, kırmızı renkte bir şalvar giymiştir. Bu şalvar tayt nevi dar bir şalvardır. Ayaklarında bu defa daha uzun bir çift pabuç vardır. İhtimaldir ki bu pabuç o meşhur çukruk mahmuzlu çizmedir. Bu tasvirde delinin belinde duran kılıç dikkat çekmektedir. Nitekim bu deli askeri sağ elinde tuttuğu savaş çekici ile düşmana saldırmaktadır. Sol elinde de yine kırmızı renkte olan bir kalkan vardır. Bu süslü kalkanın ortasına çizilmiş kanat ile hemen altındaki pençe dikkat çekmektedir (Çelebi, 1986: 134-136). Mohaç'ta resmedilen bir başka deli figürü ise en öndedir. Başında siyah renkte iki yana doğru uzayan kanat nevi bir başlık takan delinin, en tepe noktasında da yine beyaz uzun bir tüy dikilidir (Renda, 2001: 19).

Süleymannâme'de delilerin resmedildiği bir diğer konu, 1552 yılında gerçekleşen Temeşvar Kuşatması'dır. Bu kuşatma sırasında doğrudan bir darbeye başı gövdesinden ayrılmış bir at resmedilmiştir. Karşısında hiçbir şekilde düşman askeri bulunmayan bu atın kafası, muhtemelen bir patlama ya da bir kılıç darbesinden ötürü kopmuş olmalıdır. Minyatüre göre bu at, Kara Ahmed Paşa'nın atıdır. Atın ölümü üzerine bir yeniçeri ile birkaç miğferli asker, Paşa'ya yeni ve daha ihtişamlı başka bir atı getirirken resmedilmişlerdir. Minyatürün ön safhalarında ise cenge devam eden bir deli askeri dikkat çekmektedir. Elindeki mızrakla düşman askerini vurduğu darbeye öldüren delinin kıyafeti yine beyaz renkli mintan nevi uzun ve entariye benzer bir elbisedir. Üzerindeki benekli desenlerle bir parsı andıran

bu kıyafetin bel kısmında yine kırmızı renkte kuşak nevi bir kemer bulunmaktadır. Altında da mavi renkli bir şalvar vardır. Ayaklarında, yine ucu sivri ve çıkırık mahmuzlu çizmeden daha kısa bir çift pabuç vardır. Sağ elinde mızrakla savaşan delinin, sol elinde de ortası kırmızı, kenarları mavi renkte olan bir kalkan vardır. Bu kalkanın ortasında kanat şeklinde bir figür olması, çok güzel bir detaydır. Bu minyatürde deli askerinin önünde ölerek, atlarından düşen iki düşman askeri daha dikkat çekmektedir. İhtimaldir ki onlar da bu deli oğlanın mızrağından nasiplerini almışlardır (*Süleymannâme*, varak 533a, 210-211).

Öte yandan delileri konu alan bir diğer önemli minyatür kaynağı da 1582 yılında III. Murad'ın oğlu şehzade Mehmed için düzenlenen ve tam elli iki gün süren şenlikleri anlatan düğün kitabıdır. “*Surname-i Hümayun*” olarak bilinen bu meşhur kitabın minyatür sanatçısı, Nakkaş Osman'dır. Bu eserde resmedilen deliler de haliyle çeşitli gösterilerle büyüleyen askerlerdir.

*“Rumeli gazileri harp aletleriyle bezenmişlerdi. Kimi arkadan dolaşıp, arkadaşının yanına geldi, kimisi çabuklukla mızrakla oyun gösterdi. Padişah'ın karşısında attan inip, hep beraber beyitler okudular. Türlü oyunlar gösterip mızraklar kırdıktan sonra sipahi koşusunu yaptılar.”*

Bu minyatürde yer alan delilerden ikisi at üstünde cirit atarken resmedilmiştir. Bunlardan biri, mavi renk mintan nevi uzun bir entari giymiştir. Altında kırmızı bir şalvar, sırtında ise leopar desenli pelerin şeklinde bir dış giysisi vardır. Bunun haricinde yine bıyıklı olan bu delinin başında siyah renkli, sağa ve sola doğru yukarı bir şekilde tüylerle kaplanmış olan bir başlık vardır. Pelerinin arkasında da kanat nevi bir aksesuar takılıdır. Elinde uzun bir mızrak taşıyan bu delinin, atına taktığı başlık ve kulak tıkaçı da koyu kahverengidir. Bu delinin tam karşısında gösteri yaptığı diğer deli de kafasında başlığı olmayan ve sanki dazlak görünüme sahip bir askerdir. Ancak yine de tepesinde itina ile bıraktığı bir tutam saç dikkat çekmektedir. Kulağında da küpeye benzer bir halka resmedilmiştir. Kırmızı bir başlığın, delinin boynunun arka tarafında asılı olduğu görülmektedir. İhtimaldir ki gösteri esnasında bu başlık başından düşmüş olmalıdır. Kırmızı uzun bir mintan giymiş olan delinin belinde siyah bir kemer vardır. Altında da düz kumaştan yapılmış dar bir şalvar vardır. Mavi renkli olan bu şalvarı, kahve tonlarında kısa bir çift pabuç tamamlamaktadır. Yine diğer deli de görüldüğü şekilde bu delinin sırtında da pars desenli bir pelerin görünmektedir. Kır bir ata binmiş olan bu delinin atının kulak tıkaçı da kırmızı renktedir. Ancak elindeki mızrak, karşısındaki delinin mızrağından

dahi daha uzun olup, Osmanlı askerlerinin genellikle tercih ettikleri daha kısa boylu mızraklardan biraz farklıdır (Atasoy, 1997: 116). Bu cümleden hakikaten başlarına açtıkları kesiklere yerleştirdikleri tüyler, çıplak vücutlar ve altlarındaki dar şalvarlarla, delilerin bazı görsellerde “Kalenderiler” gibi gösterildiği açıkça belli olmaktadır (And, 1970: 12).

Vehbî'nin Surnâmesi'nde geçen deliler III. Ahmed dönemindeki sünnet şöleninde resmedilmişlerdir. Kollarına sapladıkları kılıçlar ve hançerlerle alayın önünde yürürken sanki hiç canları acımıyor, vücutlarından hiç kan akmıyor gibi son derece rahat görünmektedirler. Üstlerinde daha sade bir mintan ve altlarında da bu defa geniş bir şalvar olan bu deliler, düz bir pabuç giymişlerdir. Ancak bu minyatürde giydikleri üst kıyafetlerinin kolları daha kısadır. Bu şekilde kollarında saplanmış bulunan kesici aletler de daha rahat görülebilmektedir. Bunun haricinde bu kez delilerin, daha gür bıyıklar ile resmedildikleri de bir başka ayrıntıdır. Bıyıkları gür olmasına rağmen, saçları bilinçli olarak kazınmış olan delilerin başlarında yine uzun bir kuş tüyünün dikilmiş olduğu görülmektedir. Bu gösteride yapma bir at ve esnaf alayının önünde, onlarla birlikte yürüyen delilerin son derece soğukkanlı bir ifade ile yürümeleleri oldukça ilginçtir (Nutku, 1972: 3594). Buna karşın şeytana kılıç çekmeye kalkan ve adaleti kadar cesaretiyle de nam salan Hz. Ömer'e yürekten bağlı olan deliler için bu durum normal de karşılanabilir.

Minyatürlerden de anlaşıldığı üzere deliler, savaşlarda olduğu kadar merasimlerde de hayret uyandırmışlardır. Zaten son derece ihtişama sahne olan sünnet merasimleri ve düğün alayları gibi törenlerde esnaftan askere kadar devletin birçok zümresi gösteri yapmıştır (Vehbî, 1939: 22-27). Kuşkusuz ki bunlar arasında en dikkat çekenleri, şehzade alayında yürürken hem kollarına hem de kaşlarına sapladıkları kılıçlarla son derece cesur bir yürüyüş yapan delilerin resmedildiği minyatürlerdir (And, 1982: 9, resim 17). Bu minyatürde deliler öncü birlikler olarak Navarin Savaşı'nda resmedilmişlerdir. Bu savaşta ordunun önünden giderek daha önce cenge başlayan deliler, esas ordu gelene kadar düşman askerlerini çoktan kılıçtan geçirmeye başlamışlardır. Burada ön planda dikkat çeken dört deli askeri vardır. Bunlardan birisi başına beyaz bir başlık takmıştır. Bu başlık tüysüz ve kısa olup, leopar deseninden oluşan geniş bir başlıktır. Aynı delinin üzerinde rengi sarıya çalan ve yine leoparı andıran bir desenle dikilmiş, uzun ve düz entari nevi bir kıyafet bulunmaktadır. Elindeki kılıçla düşman askerinin boynuna vururken çizilen bu delinin belindeki kuşak ile altındaki şalvar aynı renk olup, kreme yakın açık renkli bir giysi tercih ettiği görülmektedir. Ayaklarındaki pabuç sivri uçlu ve sarı renktedir.

Hem bıyığı hem de sakalı olan bu delinin atına da kendisinininki gibi süslü ve benekli bir tıkaç giydirmiş olduğu dikkat çekmektedir. Bu delinin ata ters binmiş bir şekilde arkasını dönerek düşmanı vurması da oldukça farklı ve güzel bir detaydır. Tam karşısında başka bir düşman askerini alaşağı etmiş olan başka bir deli bulunmaktadır. Onun kıyafeti ise kırmızı renkli uzun bir elbise olup başına da aynı renkte iki yanına kanat şekli verilmiş tüysüz, kısa ama gösterişli bir başlık giydiği görülmektedir. Ayrıca altına siyah ve dar bir şalvar giymiş olan delinin, üst giysisi de düğmelidir. Bu delinin tam arkasında at üstünde olan bir başka deli ise beyaz renkte yine leopar desenli uzun bir elbise giymiştir. Ancak ayağında diğer iki deliye nazaran daha uzun ve daha sivri uçlu bir çift çizme vardır. Turuncu renkte olan kalkan, delinin sırtında süs eşyası gibi görünmektedir. Onun hemen arkasında da yine at üzerinde resmedilen bir deli askeri, yeşil renkte uzun düz bir elbise giymiştir. Başında turuncu renkte kısa ve geniş bir başlığı olan delinin başlığının en üstünde uzun, siyah ve beyazdan oluşan çift renkli bir kuş tüyü dikilmiştir. Sağ elindeki kalkanla adeta kendini korumaya alır şekilde yüzünün yarısını kapatan bu deli asker, siyah renkte dar bir şalvar giymiştir. Belindeki kuşağı, başlığıyla aynı renktedir. Atının kulak tıkaçları da leopar desenlidir (And, 2004: 229). Burada dikkat çeken asıl nokta, delilerin ilk defa bir deniz savaşında resmedilmiş olmasıdır.

Öte yandan delilerin minyatürlere konu olmasının bir diğer sebebi de Haçova Meydan Muharebesi'nde gösterdikleri başarılar olmuştur. Nakkaş Hasan'ın kaleminden çıkan Eğri Fetihnamesi'ndeki bilgilerde delilerin, savaş esnasında ordunun sol üst hizasında oldukları görülmektedir. Bu minyatürde yan yana dizilmiş olan at üstündeki deliler ya başlarındaki kalpaklarla ya da atlarının süslü kulak tıkaçlarıyla son derece rahat ayırt edilebilmektedir. Kiminin başında beyaz renkte ve üstünde siyah benekleri ile tepe noktasında kuş tüyü olan ya da yanlarına kanat şekli verilmiş kırmızı renkli başlıkları varken, kiminin de siyah uzun ve büyük tüylerle kaplanmış başlığı vardır. Kiminin sırtlarına aldıkları pelerin nevi benekli kıyafetleri dikkat çekerken, kiminin de atının başlığı ve kulak tıkaçının kendisi ile aynı desenden bir örtü ile süslenmiş olması dikkate değerdir. Bu minyatürde görülmeye değer en önemli nokta, delilerin savaş meydanında toplar patladığı halde, padişahın arka kısmında emir bekler vaziyette bulunmaları ve arka planda at üzerinde beklemeleridir (Mahir, 2005: resim 61).

Deliler, Revan Seferi esnasında Rumeli Beylerbeyi Vezir Ferhat Paşa'nın yanında da resmedilmişlerdir. Seferden sonra şehirdeki kalesinin onarımı için kollar sıvanmıştır. Kaynaklara göre; buranın hem eski kale görünümünden kurtulması hem

de kervansaray ve camilerle donatılması için yapım aşaması tam olarak kırk beş gün sürmüştür. Kale onarımı tamamlandıktan sonra Revan Beylerbeyliği'ne Deli Hızır Paşa getirilmiştir (Kırzioğlu, 1993: 345-346). İşte o günkü vaziyeti anlatan bir minyatürde, öncelikle yararlılık gösteren askerlerin taltif edildiği görülmektedir. Aynı zamanda para dağıtan görevlilerin hemen yanında da deli askerler bulunmaktadır. Buradaki deliler; mor, siyah, mavi ve kırmızı renklerde uzun entari tarzı bir elbise giymişlerdir. Toplam dört deli askeri vardır. Üç delinin başında beyaz renkte ve üzerleri siyah benekli olan başlık vardır ki bunların ikisinin sırtında da aynı renk ve desenden pelerinleri vardır. Son delinin başlığı, iki yanı kanatlı olan kırmızı renkli bir başlıktır. Sondan üç delinin ayaklarında kırmızı mahmuzlu uzun çizmeler varken, en öndeki delinin ayağında sarı renkte kısa ve sivri uçlu bir çift pabuç bulunmaktadır (Turhal, 2018: 164). Aynı seferde kalenin ele geçirilmesinden sonra Tokmak Han ve ailesi ile şehir ahalisinin kadınlı erkekli kaçıışı resmedilmiştir. Bu kaçış esnasında bir deli askeri, bir düşman askerini etkisiz hale getirmiştir. Bu delinin başında kırmızı renkte bir başlık vardır. Üzerinde koyu renkte uzun bir entari giymiş olan delinin sırtında da yine leopar nevi beyaz renkli ve üzerinde benekleri olan bir pelerin bulunduğu dikkat çekmektedir (Bağcı, Renda ve Tanındı, 2006: 152-153). Önceden de belirtildiği gibi delileri aksesuarları ile resmeden kaynaklar, onları büyük ve ihtişamlı kanatlarla ve üzeri tüylerle kaplı yüksek başlıklarla göstermişlerdir (Cezar, 2011: 670). Öte yandan Ahmed Paşa'nın vefatını anlatan bir başka minyatürdeki deli askerinin de yine mavi renk ve kaftan nevi bir dış giysisi giyindiği görülmektedir. Oldukça işlemeli ve süslü görünen bu dış giysisinin içinde yine turuncu tonlarında başka bir iç giysisi görülmektedir. Delinin sakal ve bıyığı ise diğer minyatürlerde incelenen deli figüründen farklıdır. Bundan önce incelenen tasvirlerin aksine, bu minyatürdeki delinin başlığı çok farklıdır. Beyaz renkli ve geniş bir kavuk şeklinde çizilmiş olan üzeri desenli bu başlık (Bilgili, 2016: 47) sanki Nasreddin Hoca'nın kavuğunu andırmaktadır. At üstünde ve sol elini göğsüne koyarak adeta saygıdan eğilircesine çizilmiş olan deli askerinin tek aşına özelliği yine başlığının üzerinde duran, uzun ve içe kıvrımlı kuş tüyüdür.

### Sonuç

Delilerin önceleri ürkütücü hayvan postlarını giymeleri, kartal kanatları ile gezmeleri, daha sonra satenden ceket ve geniş şalvar giyerek, kuşaklarına taktıkları birer tüfikle gezmeleri, onların ilk ve son dönemi olarak gösterilmiştir. Oysa

buradaki esas husus şudur: Delilerin ilk ve ikinci dönemi yoktur. Tam tersi ilk ve ikinci dönemde aynı isimle anılan iki farklı deli birliği vardır. Bu nedenle kitabî kaynaklar nazarında verilen ve düşmanı korkutmak gayesi ile hayvan kürkü, kanadı, tüyü vb. tercih eden deliler, aslında XV. yüzyılda Rumeli’de teşkil edilen klasik delilerdir. Satenden ceketler ve şalvarlarla minyatürlerde boy gösteren deliler de XVII. yüzyılın ikinci yarısından itibaren teşkil edilen ve klasik delilere benzetilmeye çalışılan ikinci dönem delilerdir. Delilerle ilgili şu ayrımı iyi yapmak gerekmektedir. Tarihte deli adını taşıyan ve Deliler Ocağı içerisinde anılan iki farklı deli birliği bulunmaktadır. Ancak bunların hem fonksiyonları, hem de giyimleri birbirinden farklıdır. Keza yaşadıkları dönemler arasındaki farklılık da göz önüne alındığında bu durum gayet tabiidir. İster Osmanlı kitabî eserleri, ister Batılı seyyahların seyahatnameleri, isterse modern dönemin araştırmaları olsun, delilerin esasında iki farklı birlik olduğunun, birçok kaynakta eksik ya da hiç açıklanmamış olması, ciddi anlamda tarihsel bir ihtilafa yol açmıştır.

Minyatürlerde tasvir edilen deliler, genellikle ikinci dönem delilerdir. Bunu tespit edebilmek için minyatürlerin konu edindiği muharebelere bakmak dahi yeterlidir. Gravürlere konu olan deliler de ihtimaldir ki bu ilk dönem delileri konu edinmektedir. Nitekim bunu delilerin yine hangi muharebe sahasında görüldüklerine dair Avrupalı seyyahların kaleminden çıkan bilgilerden anlamak mümkündür. Netice itibarıyla ilk dönem deliler, daha ziyade vahşi hayvan postlarından yapılmış kürkleri giymeyi ve aksesuar olarak da yırtıcı kuşların tüylerinden yapılan kanatları takmayı tercih etmişlerdir. Bu durum onlar için yüreklerindeki cesaretin bir timsalidir. Ancak sonradan bu birliğin yavaş yavaş tarih sahnesinden silinmesiyle birlikte bu kez onlara benzetilmek için yeni bir birlik daha oluşturulmuştur. Bu nedenle bu yeni birliğe de “deliler” adı verilmiştir. Bunlar özellikle XVII. yüzyılın ikinci yarısından sonra teşekkül edildikleri için, kendi dönemlerine uygun kıyafetleri giymişlerdir. Her ne kadar cenk sahasında boy gösterecekler de hiçbir zaman olağanüstü ürkütücü görüntüleriyle düşmana korku veren klasik dönemdeki delilerin yerini tutamamışlardır.

### **Extended Summary**

Deliler Military Unit, in the Ottoman state appeared in Rumelia at the end of the XVth century. These were very brave soldiers. They challenged death without fear. Sometimes they would hurt their bodies. They would shed blood first from their

bodies and then perform. Blood would continue to flow from their bodies during these performances. Meanwhile, blood flowed from their bodies, but they never cared about it. Because they were strong and brave soldiers. They also wore clothing made from wild animals' fur. Deli horsemen hung the wings of some birds on their shoulders. Thus they would look scarier. They were people called them “deli horsemen” because the Deliler looked so different. These are soldiers who had been known for centuries with their clothes. Their colorful and frightening clothing has been the subject of books by both Ottoman historians and European travelers. These were soldiers who loved Omar and took his courage as an example. Deliler believed that fate would come true sooner or later. Therefore they were not afraid of death at all.

It was noticed that there was confusion about Deliler Military Unit in history books. The reason for this is that there are two different military units with the same name. In the Ottoman army, there were two different military units named after deli horsemen. The first of these military units was created in the XV<sup>th</sup> century and continued until the XVII<sup>th</sup> century. These soldiers were the first period soldiers mentioned above. They were the real deli horsemen who became popular due to their names. However, when gunpowder rifles began to be used in time, these Deliler did not matter. Because these soldiers were soldiers who fought not with rifles, but with sword axes, claws and mace. Therefore, they are called classic Deliler. A new military unit was created after the XVII<sup>th</sup> century. They were called deli to resemble classical Deliler but these soldiers are referred to as "delil horsemen" in the Ottoman archive documents. However, these soldiers used rifles. They remained in the army until the XIX<sup>th</sup> century. Deliler Military Unit was eliminated after this period. Many sources described these two military units as a same unit. Therefore, the clothes of these soldiers were also mixed.

As a result, the clothes of the classical Deliler were generally made of wild animal furs. They hung their famous bird wings on their shoulders. Everybody would remember them like that. However, the second period of Deliler, who were created later, were dressed more plainly. The famous clothes of these soldiers were baggy trousers and colored satin shirts. One of the most famous soldiers of this period is Kabudlı Mustafa Vasfi Efendi. The second period was deli horsemen and the book in which he recanted his memories was important resource for the Deliler. For this reason, he was known as “Deli Mustafa”. Classical Deliler are usually written in the books of Ottoman historians and the extraordinary outfits mentioned above. The

second period of Deliler are mostly mentioned in the Ottoman archive documents. These documents also describe how they bandit. There are books of European travelers and ambassadors describing the clothes of classical Deliler. These are soldiers who have become a brand with their clothes. However, the clothes of the Deliler, which were created later, were also in the Ottoman dates written in the late period. The number of these books is limited. The most detailed information about them is the book of Deli Mustafa. There is not much information in historical documents about Deliler Military Unit. Despite this little information it should never be forgotten that the Deliler are two separate troops and therefore dressed differently. Because even though some books describe the mad as a same unit, actually the Deliler are two different troops.

### Kaynakça

#### Arşiv Vesikaları

- BOA., AE-SSLM-III-00041-02392-001.  
BOA. C.AS-01024-44894-001.  
BOA., C-AS-00701-29439-001/002.  
BOA., C-DH-00010-00457-002.  
BOA., C-ML-00079-03637-001.  
BOA., C-ZB-00020-00957-001.  
BOA., HAT-01232-48007-001.

#### Kitabî ve Yazma Eserler

- Bosnavî, Ö. (1979). *Tarih-i Bosna Der Zaman-ı Hekimoğlu Ali Paşa*. Haz. Kâmil Su. Ankara: Kültür Bakanlığı Yayınları.
- Celal-zâde, M. (1990). *Selim-Nâme*. Haz. Mustafa Çuhadar ve Ahmet Uğur. Ankara: Kültür Bakanlığı Yayınları.
- . (1937). *Tabakatü'l Memâlik ve Deracatü'l Mesalik Osmanlı İmparatorluğunun Yükselme Devrinde Türk Ordusunun Savaşları ve Devletin Kurumu, İç ve Dış Siyaseti*. Çev. Sadettin Tokdemir. İstanbul: Askerî Matbaa.
- Çelebi, A. (1986). *Süleymannâme*. Haz. Esin Atıl. The Illustrated History of Süleyman The Magnificent. Washington: Topkapı Sarayı Müzesi Kütüphanesi.



- Efendi, P.İ. (1981). *Peçevî Tarihi*. Haz. Bekir Sıtkı Baysal. c.1, Ankara:Kültür Bakanlığı Yayınları.
- Evliya Çelebi *Seyahatnâmesi*. (2000). Haz.Yücel Dağlı ve Seyit Ali Kahraman. IV.Kitap. İstanbul: YKY.
- Neşri, M. (1995). *Kitâb-ı Cihan-nûma*. Yay. Faik Reşit Unat ve Mehmed A.Köymen. c.2, Ankara: TTK Yayınları.
- Paşa, M.Ş. (2014). *Osmanlı Teşkilât ve Kıyafet-i Askeriyesi*. Ankara: TTK Yayınları.
- Paşa, M.N. (1992). *Netayic ül-Vukuat Kurumları ve Örgütleriyle Osmanlı Tarihi*. Sad. Neşet Çağatay. c.III ve IV, Ankara: TTK Yayınları.
- Rumlu, H. (2006). *Ahsenü't-Tevârih*. Çev. Mürsel Öztürk. Ankara: TTK Yayınları.
- Seyid, V. (1939). *Sûrnâme Üçüncü Ahmed'in Oğullarının Sünnet Düğünü*. Neş. Haz. Reşat Ekrem Koçu. İstanbul: Çığır Kitabevi.
- 1582 Sûrnâme i Hümayun Düğün Kitabı*. Hazırlayan: Nurhan Atasoy. Koçbank: 1997.
- XVI. Asırda Yazılmış Grekçe Anonim Osmanlı Tarihi (1373-1512)*. (1973). Haz. Şerif Baştav. Ankara: Ankara Üniversitesi Dil-Tarih-Coğrafya Fakültesi Yayınları.

### **Telif ve Tetkik Eserler**

#### **Kitaplar**

- And, M. (1970). XVI. Yüzyılda Eyâlet Askerleri ve Deliler. *Hayat Tarih Mecmuası*, Tifdruk Matbaacılık Sanayii A.Ş. Basımevi:1, no. 4.
- And, M. (1982). *Osmanlı Şenliklerinde Türk Sanatları*. Ankara: Kültür ve Turizm Bakanlığı Yayınları.
- And, M. (2004). *Osmanlı Tasvir Sanatları I*. İstanbul: Türkiye İş Bankası Yayınları.
- Aybet-Ü.G. (2010). *Avrupalı Seyyahların Gözünden Osmanlı Dünyası ve İnsanları (1530-1699)*. İstanbul: İletişim Yayınları.
- Bağcı, S., Çağman, F., Renda, G. ve Tanındı, Z. (2006). *Osmanlı Resim Sanatı*. İstanbul: Kültür ve Turizm Bakanlığı Yayınları.
- Benedict Curipeschitz'in Günlüğü, 1530 Yılında Bosna, Sırbistan ve Bulgaristan Üzerinden İstanbul'a Giden Joseph von Lamberg ile Niclas Jurischitz'in Elçilik Günlüğü*. (1977). Çev. Özdemir Nutku. (aynı dönemdeki bir

- yazmadan yayımlayan: Lamberg-Schwarzenberg Kontesi Eleonore. Ankara: TTK Yayınları.
- Bilgili, D.D. (2016). *Osmanlı Minyatürlerinde “Deli” Figürlerinin Tasvir Analizi*. (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Fatih Sultan Mehmet Vakıf Üniversitesi, İstanbul.
- Cezar, M. (2011). *Mufassal Osmanlı Tarihi*. c.2, Resimli-Haritalı. Ankara: TTK Yayınları.
- Du Loir Seyahatnâmesi, IV.Murad Döneminde Bir Fransız Seyyahın Maceraları*. (2016). Çev. Mustafa Daş. İstanbul: Yeditepe Yayınları.
- Ergin, M. (1969). *Dede Korkut Kitabı*. İstanbul: MEB Yayınları.
- Gündüz, T. (2019). *Dede Korkut Destanları*. İstanbul: Yeditepe Yayınevi.
- Hammer, V.J. (2010). *Büyük Osmanlı Tarihi*. Çev. Mümin Çevik. c.11, İstanbul: Milliyet/Üçdal Neşriyat.
- Jorga, N. (2005). *Osmanlı İmparatorluğu Tarihi*. 4. Bölüm, 2.Kitap. Çev. Nilüfer Epçeli. Çev. Kont. Kemal Beydilli. Yay. Haz. Erhan Afyoncu. İstanbul: Yeditepe Yayınları.
- Kerslake, C. (1993). Celâlzâde Mustafa Çelebi. *DİA*. c.7, İstanbul: TDV İslâm Ansiklopedisi, 260.
- Kırzioğlu, F. (1993). *Osmanlılar'ın Kafkas Elleri'ni Fethi (1451-1590)*. Ankara: TTK Yayınları.
- Koçyiğit, Ö. (2016). *Kabudlu Mustafa Vasfı Efendi Tevârih*. Ed. Cemal Kafadar ve Gönül Alpay Tekin. Doğu Dilleri ve Edebiyatlarının Kaynakları, Harvard Üniversitesi Yakındoğu Dilleri ve Medeniyetleri Bölümü.
- Kolçak, Ö. (2013). Yeniçeriler, Umera Kapıları ve Tımarlı Sipahiler: 1663-64 Osmanlı-Habsburg Savaşlarında Osmanlı Ordu Terkibi, *Yenir Bir Askeri Tarih Özlemi Savaş, Teknoloji ve Deneysel Çalışmalar*. Haz. Kahraman Şakul. İstanbul: Tarih Vakfı Yurt Yayınları.
- Mahir, B. (2005). *Osmanlı Minyatür Sanatı*. İstanbul: Kabalcı Yayınları.
- Nicolay, de N. (2014). *Muhteşem Süleyman'ın İmparatorluğunda*. Ed.Marie-Christine Gomez-Geraud, Stefanos Yerasimos, Çev. Şirin Tekeli ve Menekşe Tokyay, İstanbul: Kitapyayınevi.
- Nicolle, D. (2014). *Osmanlı Orduları 1300-1768*. Çev. Özgür Kolçak. İstanbul: Türkiye İş Bankası Yayınları.
- Nutku, Ö. (1972). *IV. Mehmed'in Edirne Şenliği (1675)*. Ankara: TTK Yayınları.

- Osmanlı Tarih Deyimleri ve Terimleri Sözlüğü*. (1993). c.1, Haz. Mehmet Zeki Pakalın. İstanbul: MEB Yayınları.
- Özcan, A. (1994). *Deli, DİA.*, c.9, İstanbul: TDV. İslâm Ansiklopedisi Yayınları, 132-133.
- Renda, G. (2001). *Osmanlı Minyatür Sanatı*. İstanbul: Promete Kültür Dizisi.
- Sarı, A. (2016). *Osmanlı Hukuku ve Adliye Teşkilatı, Osmanlı Teşkilat Tarihi El Kitabı*. Ed. Tufan Gündüz. (4.Baskı), Ankara: Grafiker Yayınları.
- Schmidt, J. “The Adventures of an Ottoman Horseman: The Autobiography of Kabudlı Vasfi Efendi 1800-1825”. *The Joys of Philology Studies in Ottoman Literature, History and Orientalism (1500-1923)* Analecta Isısihana LX Volume I, Poetry, Historiography, Biography and Autobiography, The Isis Press İstanbul.
- (2010). *Tanzimat’tan Bugüne Edebiyatçılar Ansiklopedisi*. Ed. Murat Yalçın, c.2, İstanbul: YKY.
- Turhal, A. (2018). *Osmanlı’nın Muhteşem Süvarileri Deliler*. İstanbul: Doğan Kitap.
- Türk Silahlı Kuvvetleri Tarihi*. (1964). 1.Kısım (1299-1451). c.3, Ankara: Genelkurmay Basımevi.
- . (1981). *Osmanlı Devri Kanuni’nin Ölümünden İkinci Viyana Kuşatmasına Kadar Olan Devre (1566-1683)*. Haz: Hayriye Aytepe ve Lütfü Güvenç, c.3, Kısım 3. Ankara: Genelkurmay Basımevi.
- Uyar, M., Erickson, J.E. (2017). *Osmanlı Askeri Tarihi*. İstanbul: Türkiye İş Bankası Kültür Yayınları.
- Uzunçarşılı, İ.H. (1978). “Deli”, *İslâm Ansiklopedisi*. c.3, İstanbul: MEB Yayınları, 516.
- Yeşil, F. (2016). *İhtilâller Çağında Osmanlı Ordusu, Osmanlı İmparatorluğunda Sosyoekonomik ve Sosyopolitik Değişim Üzerine Bir İnceleme (1793-1826)*. İstanbul: Tarih Vakfı Yurt Yayınları.
- Yıldız, G. (2009). *Neferin Adı Yok: Zorunlu Askerliğe Geçiş Sürecinde Osmanlı Devleti’nde Siyaset, Ordu ve Toplum (1826-1839)*. İstanbul: Kitabevi Yayınları.

### **Makaleler**

- Çandır, K. (2015). “Enis Behiç Koryürek’in Harp Edebiyatı Konulu Şiirleri Üzerine Bir İnceleme.” *Karatekin Edebiyat Fakültesi Dergisi*, 6(3), 25.

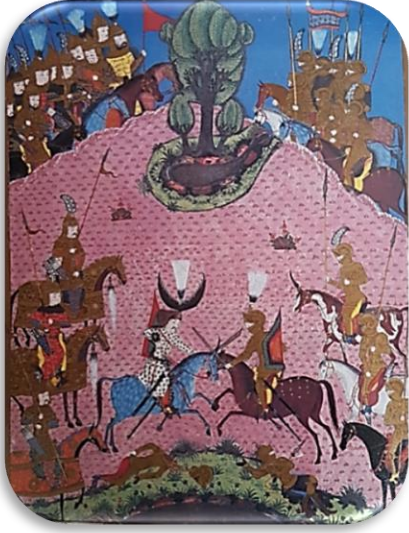
---

Gündoğan, H. (2016). Türk Yurdu Dergisinde 1914-1918 Yılları Arasında Yayımlanmış Şiirlerde Savaş İzleği. *Karadeniz Sosyal Bilimler Dergisi Süreli Yayınlar Özel Sayısı* (KSBD). 7(4), 104-105.

**Web Siteleri**

Delil. (2020a). 14 Nisan 2019'da <https://sozluk.gov.tr/> adresinden alınmıştır.

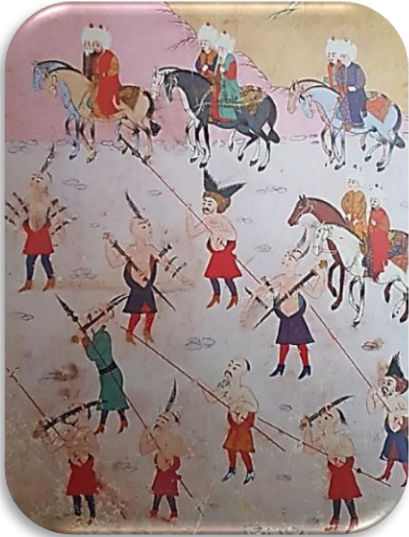
Delil. (2020b). 14 Nisan. 2019. <https://sozluk.gov.tr/> adresinden alınmıştır.



**Kaynakça:** Süleymanname, varak 212a, 132-133.



**Kaynakça:** Süleymanname, varak 219b, 136.



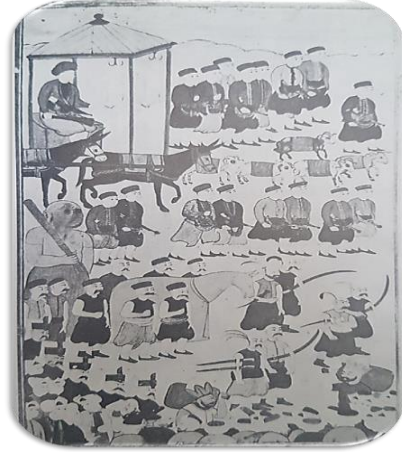
**Kaynakça:** Surname-i Hümayun, 26.



**Kaynakça:** 1582 Surname-i Hümayun, varak 86a, 116.



**Kaynakça:** And, “XVI. Yüzyılda Eyâlet Askerleri ve Deliler”, 12.



**Kaynakça:** Nutku, *IV. Mehmet'in Edirne Şenliği 1675*, resim 30, Vehbî nr.3594.



**Kaynakça:** Şevket Paşa, *Osmanlı Kıyâfet-i Askeriyesi*.



**Kaynakça:** Turhal, *Deliler*, 111.



## **Ticari ve Askerî Elektronik Cihazlarda Kullanılan Yüzeye Montajlı Yeni Nesil Devre Elemanlarının Tamir Sürecindeki Etkili Faktörler**

Necdet GEREN\* ve Murat ÇAKIRCA\*\*

### **Öz**

*Son yıllarda elektrikli araçlar, insansız hava araçları, haberleşme uydusu gibi uzay ve havacılık sistemlerinin millî kaynaklar ile geliştirilme çalışmaları artmıştır. Bu nedenle de savunma sanayi ürünlerinin imalat teknolojilerine giderek artan ölçüde ihtiyaç duyulmaktadır. Baskı devre kartı (BDK) tamirini sağlayan tekrar üretim (remanufacturing) olarak da adlandırılan tamir teknolojisi de bu teknolojilerden biridir. BDK tamiri, üretim esnasında veya kullanım sırasında hatası veya arızası tespit edilen elektronik ekipmanın genel performansını ve güvenilirliğini olumsuz yönde etkilemeden hataya neden olan elektronik elemanın ekonomik bir şekilde yenisi ile değiştirilmesini hedefler. Tamirin sağlıklı bir şekilde yapılması, ürünün yaşam döngüsü içindeki güvenilirliğini doğrudan etkiler. Tamir sürecindeki eksik ve hatalı uygulamalar kullanım sırasında arızalara neden olur. Bu da hayati tehlike veya istenmeyen sonuçlar yaratabilir. Elektronik tamir, elektronik üretimin özel ihtisas konusu olarak literatürde yerini almıştır. Ancak konu ile ilgili ulusal bilgi birikimi yetersizdir.*

*Bu çalışmanın amacı montajlı kart (MK) üzerinde yer alan ızgara dizinimli dâhil yeni nesil yüzeye monte (YM) elektronik devre elemanı (EDE) tamir sürecini, sürecin önemli evrelerini ve süreçteki etkili faktörleri ortaya koymaktır. Çalışmanın içeriği elektronik sistemlerde YM EDE teknoloji kullanan savunma sanayi kuruluşlarının MK tamir süreçlerinin yapılandırılmasına katkı sağlayacaktır. Ayrıca, çalışmanın*

---

\* Prof. Dr. Çukurova Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü, gerendr@cu.edu.tr ORCID: 0000-0002-9645-0852.

\*\*Yapısal Testler Kısım Yöneticisi, Tofaş Türk Otomobil Fabrikası, murat.cakirca@tofas.com.tr, ORCID: 0000-0002-7933-3320

Geliş Tarihi/Received : 02.06.2020  
Kabul Tarihi/Accepted : 08.09.2020  
Araştırma Makalesi/Research Article  
DOI: 10.17134.khosbd.813486

*çıktıları otonom MK tamir sistemlerinin geliştirilebilmesi için gerekli olan temel girdiler olup ürün-makine ilişkisi kurulmasında kullanılabilir.*

**Anahtar Kelimeler:** *Savunma Teknolojileri, Elektronik Devre Elemanları Tamiri, Yüze Montajlı Yeni Nesil Elektronik Devre Elemanları, Baskı Devre Kartı Tamiri, Izgara Dizinimli (BGA, CSP) Devre Elemanları.*

## **Factors Effecting Rework of New Generation Surface Mount Components Used in Commercial and Military Electronic Devices**

### **Abstract**

*In recent years, there has been an increasing amount of efforts to develop space and aviation systems such as electric vehicles, unmanned aerial vehicles, communication satellites through national resources in Turkey. Therefore, an increasing need for manufacturing technologies of defence products has emerged. Printed circuit board assembly (PCBA) and PCBA-rework or “remanufacturing” is one of these technologies. PCBA rework technology aims to replace a defected component economically in electronic equipment without adversely affecting the overall performance, function and reliability of PCBAs. Successful rework plays a major role for product reliability and durability. Incomplete and faulty applications during the repair process may completely disable the products, causing the loss of national resources. In the case of defence products, it can create life-threatening consequences.*

*Electronic repair is part of electronic production. However, the literature searches reveal that national knowledge on the subject is insufficient. This study reveals the new generation surface mount (SM) electronic component (EC) repair process and the important stages of this process. The content of the study will contribute to the structuring of PCB repair processes of companies using SM technology package. In addition, the fundamental knowledge required to establish the product-machine relationship for a development of autonomous PCB repair systems is provided to the national industry.*

**Keywords:** *Defence Technologies, Electronic Component Repair, New Generation Surface Mounted Electronic Component Repair, Printed Circuit Board Rework, Area Array Components.*



## Giriş

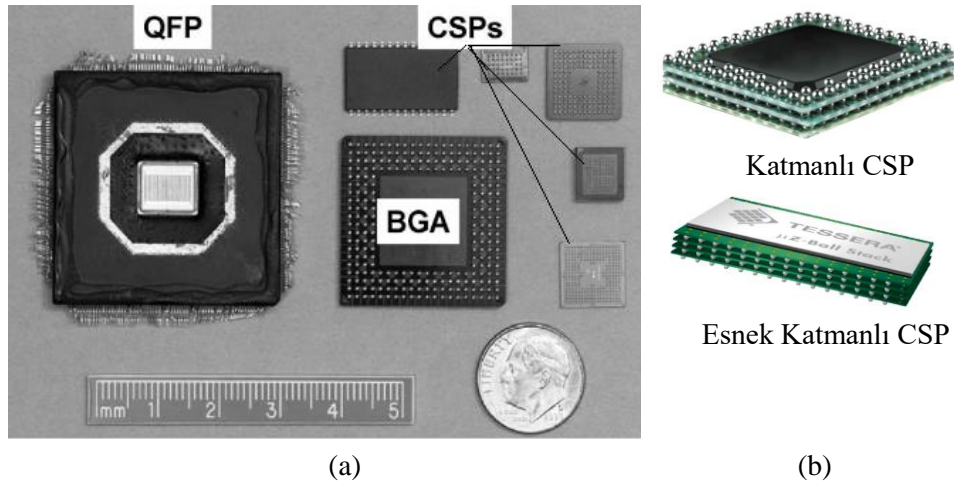
Dördüncü sanayi devrimine girdiğimiz süreçte ticari ve savunma sanayi ürünlerinin birçoğu mekanik sistemlerin kontrolünü veya çeşitli ölçüm sistemlerini elektronik teknolojiler ile gerçekleştirmektedir. Elektronik sistemlerin veri işleme hızını arttırmak için daha küçük hacimde daha çok yonga içeren yüzeye montajlı (surface mount) elektronik elemanları ve üretim teknolojisi kullanılmaktadır. Bu teknoloji aynı zamanda sağladığı ağırlık azaltma avantajı ile mobil sistemler, teçhizat ve taşıtlarda giderek artan bir kullanım alanı bulmuştur. Ticari ve savunma sanayi dijital unsurları veya sistemleri de bu değişimden etkilenmektedir. Bilindiği gibi dijital sistemler elektronik kartlar ve bu kartlara yüklü yazılımlardan oluşmaktadır. Dijital sistemlerin temel bileşenlerinden birisi baskı devre kartı (BDK) dir. Çeşitli tip ve yapıda ticari elektronik devre elemanları (EDE), BDK üzerine lehimlenerek montajlanır. Bu devre elemanlarının her biri 2 ila 300 veya daha fazla lehim bağlantı noktası (terminali) içerebilmektedir. Üzerinde onlarca EDE ve yüzlerce lehim bağlantısı bulunan montajlı BDK (MBDK) en zor çevre koşulları altında problemsiz çalışabilecek şekilde geliştirilmektedir. MBDK veya kısaca montajlı kart (MK), çalışma şartları altında yapısal rezonanslar, arazi koşulları, taşıt motorları, mühimmat atımı, platformların motorları vb. nedenlerden kaynaklı yüksek titreşime ve çalışma sıcaklığı kaynaklı termal gerilmelere maruz kalmaktadırlar. Ayrıca operasyon koşullarında ortaya çıkan dinamik yükler, EDE terminal/bacaklarında yüksek genlikli dinamik gerilmeler oluşturmakta ve yorulma hasarına da neden olmaktadır.

Titreşim ve dinamik yüklerin oluşturduğu yorulma hasarını önlemek için MK'ya çeşitli titreşim yalıtım prensipleri uygulanmaktadır. Titreşim yalıtımı genellikle yüksek sönümlemeli izolatörler kullanılarak yapılır. Bu yöntemin 7-10 yıl olan hazır ticari ürün/kart kullanım ömürlerini 20 yıla kadar çıkarabildiği belirtilmektedir (Çelik ve Genç, 2010).

MK'nın enerji girdisi ve çevresel etmenler nedeniyle maruz kaldığı sıcak ve soğuk termal döngünün ortaya çıkardığı termal gerilmeler ise ek soğutucu elemanlar/sistemler eklenerek azaltılmaya çalışılmaktadır (Demircan ve Özdemir, 2019).

Savunma ve harp amaçlı askeri elektronik cihazlarda kullanılan ticari BDK'da paket tipi olarak delik-içi (Through-Hole (TH)) EDE kullanımı uzun yıllardır sürdürülmektedir. Bununla birlikte paket tipi olarak yüzeye monte (surface mount

devices) devre elemanlarının uzay uçuşu dahil askeri amaçlar için kullanımı NASA Elektronik Parça ve Paketler birimi (NEPP- NASA Electronic Parts and Packaging) tarafından onaylanmış ve Institute of Printed Circuits (IPC) 9701 (Performance Test Methods and Qualification Requirements for surface Mount Solder Attachments, IPC 9701), IPC-“Association Connecting Electronic Industries” tarafından 2002 yılında standartlaştırılmış ve basılmıştır (Ghaffarian, 2003). 2002 yılından itibaren elektronik endüstrisine getirdiği avantajlarından dolayı EDE üretiminde yeni paket tipleri de piyasaya sunulmuştur. Bu nedenle de dört taraflı yassı paket (Quad Flat Pack-QFP) gibi terminalli paket tipleri yerine ızgara dizimli (Grid Array veya Area Array Packaging) devre eleman paketleri kullanımına geçilmiştir (Şekil 1). Bu grupta yer alan en önemli paket tipleri bilye lehim toplu (Ball Grid Arrays (BGAs)) ve yonga tabakalı eleman (Chip Scale Packages-(CSPs)) paketleridir. CSP paketleri lehim terminal aralığı (adım) 1,27 mm olan BGA’ların daha da ince adımlı (0,8-0,4 mm) tipleridir. Bu paketler düşük kütle, küçük boyutlar ve 300’den fazla veri giriş/çıkış (I/O) seçeneği sunarlar. Ayrıca konvansiyonel yüzeye monte (YM) devre elemanlarına kıyasla gelişmiş elektriksel ve termal performans, daha efektif imalat (lehimleme esnasında terminal üzerinde merkezlenebilme, konvansiyonel üretime uygunluk vb.) ve montaj kolaylığı sağlarlar (Suhir vd., 2007). Ayrıca Şekil 1.(b)’de verildiği gibi katmanlı CSP’ler taşınabilir elektronik endüstrisinde ve mobil teçhizatı sıklıkla kullanılmaktadır.



**Şekil 1.** (a) YM EDE’de Minyatürleşme, QFP’den BGA’ya ve CSP’ye Geçiş Trendi (Suhir vd., 2007). (b) Katmanlı CSP™ (Johnson vd., 2005).

Üretim ve montaj teknolojilerindeki tüm çaba ve önlemlere karşın BDK arızaları önlenememektedir. Bunların nedenleri mevcut üretim teknolojilerinin kısıtları ve ağır çevresel kullanım şartları ile ilgili olup iki ana grup altında sıralanabilir.

1. Üretim teknolojilerinin kısıtları nedeniyle ortaya çıkan tamir gereksinimi. Bu kapsamda etkili olan faktörler şunlardır;

a. EDE'nin çevresel etkenler nedeni ile (nem alması vb.) fonksiyonunu üretim sonrası tam olarak yerine getirememesi.

b. EDE'nin iç yapılarında ortaya çıkan (tasarım kaynaklı, MK üretimi kaynaklı problemler, vb.) hatalar ve EDE'nin sınırlı ömürleri. Bu kapsamda aşağıda BGA ve CSP devre elemanları veya paketlerinin maksimum termal döngüdeki ömürleri verilmiştir;

(1) Ticari Plastik Gövdeli BGA'lar kısa ve uzun görevlerde NASA'nın hızlandırılmış testlerde kullandığı  $-55^{\circ}\text{C}/100^{\circ}\text{C}$  döngüsüne 500 kez dayanabilmekte, daha ağır termal döngülerde arızalanmaktadır. Buna karşın seramik ve plastik gövdeli CSP'ler sadece kısa görevlerde  $-55^{\circ}\text{C}/100^{\circ}\text{C}$  döngüsüne 500 kez dayanabilmektedir (Ghaffarian, 2003). Johnson vd. (2005)  $-40^{\circ}\text{C}/+125^{\circ}\text{C}$  döngüsüne maruz kalan CSP ortalama ömürlerini, tek katlı CSP için 1200 termal döngü olarak vermekte ve artan katman sayısı ile ömrün azaldığını belirtmektedir.

(2) Hızlandırılmış test verisinden yararlanarak normal koşullarda kullanım ömrü de tahmin edilebilmektedir. Eğer kullanım sırasında termal döngü günde bir sefer oluşur ise hata oranı milyonda 1000 (1000 ppm) olan bir paketin ömrü en fazla 15 yıl olabilmektedir. Bu tahmin değeri  $0-100^{\circ}\text{C}$  termal döngüsüne maruz kalan plastik gövdeli 225 terminalli BGA paketler için verilmiş ve BGA'ların sadece ilk %0,1'inin testlerde arızalandığı termal 5000 döngü değeri (ki hata oranı 1000 ppm'e karşılık gelmektedir) verilmiştir (Bogatin vd., 1997; Li ve Sun, 2017).

c. Genel olarak, MK'nın üretim esnasında tamir görme olasılığı %10 ile %30 oranında değişim göstermektedir (Geren, 2001). Bu oranlar kozmetik tamir (touch-up) olarak adlandırılan terminal bağlantılarına lehim ekleme ve benzeri işlemleri de içermektedir.

2. Ağır çevresel kullanım şartları nedeniyle ortaya çıkan tamir gereksinimi nedenleri ise şunlardır;

a. Hassas elektronik malzemelerin tipik rezonans (tınlaşım) frekansları rastsal titreşimin yüksek frekans bandında yer almaktadır. Bu frekans bandını

sönümlemekte zayıf kalan titreşim izolatörleri hasarsız bir titreşim çalışma koşulu sağlamakta yetersiz kalmaktadır (Çelik ve Genç, 2010). Termal döngü nedeniyle oluşan termal gerilmeler kılcal çatlaklar ile başlayan yorulma hasarlarına neden olmaktadır (Grosshardt vd., 2019).

b. Üretim aşamaları sürecinde oluşturulan kalıcı gerilmeler (Lau vd., 2012) çalışma şartları altında kalıcı hasarlara (lehim bağlantı terminallerinin kopması, zayıflaması vb.) dönüşmektedir.

c. Üretim sonrası nihai kullanıcıya gelmeden önce tamir gören kartlarda uygulama hataları nedeniyle oluşan yeni problemlerin kullanım esnasında tetiklenmesi.

ç. Üretim sonrası MK üzerinde kalan kimyasal kalıntıların (lehim pastası) korozyonu sonucu BDK terminallerinin kopması, el montajı sırasında bırakılan izler vb. sonucu lehimlerin terminallerden ayrılması.

d. Kazalar neticesinde şiddetli darbelerin oluşturduğu hasarlar.

Görüldüğü gibi malzemenin ve kullanım şartlarının doğası gereği elektronik arızalar kaçınılmazdır. Neredeyse tamamı ileri teknoloji ürünü olan teçhizatın MK arızası nedeniyle atılması ise ekonomik ve akılcı değildir. Stratejik olanı ise tamir edip en azından yedek olarak saklamaktır. MK tamirinin esas amacı, kartın güvenilirliğini ve tüm performansını kötü yönde etkilemeden ekonomik bir biçimde hatalı elektronik elemanı yenisi ile değiştirmek ve/veya veri yollarını tamir etmektir. Bu çalışmada sadece MK üzerinde yer alan hatalı/arızalı EDE'nin yenisi ile değiştirilmesi ele alınacaktır. Fonksiyonel testin tamamlanmasından sonra tamir görecektek devre elemanına uygulanması gereken temel tamir işlem basamakları ise şu şekildedir:

1. MK'yı hazırla.
2. Lehim pastası uygula.
3. Ön ısıtma uyguladıktan sonra lehim ergit.
4. Arızalı devre elemanını sök.
5. Ped terminallerindeki lehim temizle.
6. Lehim pastası artıklarını temizle.
7. Pedlere krem lehim uygula.
8. Devre elemanını pedler üzerine yerleştir.
9. Ön ısıtma uyguladıktan sonra lehim ergit.
10. Ped terminallerindeki lehim temizle.
11. Kontrol et.

MK tamiri, en az MK üretimi kadar önemlidir. Delik-içi (Through-Hole) elemanların tamiri uzun yıllardır sürdürülmektedir ve nispeten kolaydır. Son yıllarda konvansiyonel YM, dört taraflı yassı paket (QFP) gibi terminalli paket tipleri ile birlikte ızgara dizimli (BGA, CSP gibi) paketlere geçilmiştir. Bu paketleri içeren MK tamiri, konvansiyonel YM EDE içeren MK'lardan çok daha zordur. Buna karşın ilgili konuda yayımlanmış Türkçe kaynaklar ise çok sınırlıdır. Yeni nesil YM EDE'nin manuel tamir uygulamasının işlem basamakları ve her işlem basamağının öneminin ve gereksinimlerinin bilinmesi en az MK üretim süreci kadar ulusal sanayimiz için önemlidir. Bu çalışmanın amacı yaygın olarak kullanıma giren yeni nesil YM EDE'nin tamir prosedürü ve tamiri etkileyen faktörleri belirlemektir. Çalışma, önce konvansiyonel YM EDE içeren genel MK tamiri ve lehim teknolojisi ile ilgili temel bilgileri daha sonra ise yeni nesil YM EDE'nin tamir süreci ve gereksinimlerini vermektedir. Bu çalışma, hem manuel tamir için hem de otonom MK tamir imalat sistemlerini geliştirmek için gerekli imalat süreçlerinin yapılandırılmasını sağlar. Çünkü imalat veya yeniden imalat sistemlerinin süreç otomasyonları ancak imalat süreçleri ve gereksinimleri en doğru şekilde kurgulanırsa geliştirilebilir. Böylece mekanik donanım (robot, lehimleme lazer teknolojileri vb.) süreç kontrol fonksiyonlarını gerçekleştirecek yazılım ve ilgili donanım gereksinimleri de belirlenebilir.

## Üretim Sürecinde MK Tamir Gereksinimi ve Son Gelişmeler

### Üretim Sürecinde MK Tamir Gereksinimi

Herhangi bir MK'nın üretim esnasında tamir görme olasılığı üretici firmaya bağlı olarak %10 ile %30 oranında değişim göstermektedir (Geren, 2001). Bir MK üretimi üç farklı hata kaynağı barındırır (Foster, 2019). Bunlar Tablo 1'de verilmiştir.

**Tablo 1.** MK Üretiminde Hata Kaynakları ve Değerleri.

BDK Tedarikçilerinden Gelen Hatalı BDK ve EDE Hataları	EDE Montaj Hataları	Lehim Hataları
Milyonda 50-5000	Milyonda 100-1500	Milyonda 50-1000

Hata yüzdesinin hatalı BDK-EDE çifti ve lehim hataları için sırası ile milyonda 50 ( $5 \cdot 10^{-5}$ ) ve 100 ( $1 \cdot 10^{-4}$ ) olduğu göz önünde bulundurulduğunda % olasılıklar sırası ile ( $1 - 5 \cdot 10^{-5} = 0,99995$ ) 0,99995 ve ( $1 - 1 \cdot 10^{-4} = 0,9999$ ) 0,9999'dur. Üzerinde 100 EDE ve 1000 lehim bulunan bir MK da milyonda 50 ve 100 hata barındırma durumu için sırası ile hatalı BDK-EDE çifti ve lehim için hata oranları istatistiki olarak şu şekilde hesaplanabilir:

Hatalı BDK-EDE çifti için  $0,99995^{100} \cdot 100 = \%99,50$  ve

Lehimleme için  $0,9999^{1000} \cdot 100 = \%90,48$ 'dir.

Bu durumda toplam başarı oranı hatalı BDK-EDE çifti ve lehimlemenin başarı oranı ile çarpılarak bulunur ve bu oran %90,03'tür (Geren, 2001). Yukarıdaki örneklemede en düşük hata oranları kullanılmış ve EDE montajlama (milyonda 100-1500 arası) hataları da eklenmemiştir. 0,635 mm adımlı (25 mil pitch) tek bir BGA'nın 432 adet lehim bağlantı noktası içerdiği göz önünde bulundurulduğunda, yukarıda verilen üretim başarı oranlarının çok azalacağı açıktır. Günümüzde MK üzerinde yer alan lehim bağlantı sayıları binler ile ifade edilmektedir. Tek bir Flip-chip (fiskeli yonga teknolojisi) BGA (FCBGA) paketi 1924 adet lehim terminaline sahiptir (Du, 2018). Bir MK 10 adetten fazla BGA ile birlikte çok sayıda EDE içerebilir. Görüldüğü gibi elektronik üretimde tamir gereksinimi kaçınılmazdır ve en başarılı üreticiler dâhil tüm elektronik MK üreticileri üretim hatlarında tamir veya tekrar/yeniden imalat birimleri bulundurmaktadır. Elektronik üreticilerinin %10 ile %30 arasında değişen MK tamir oranları sıklıkla %5 ile %25 arasında ek üretim maliyetine neden olmaktadır (Geren vd., 1992; Foster, 2019). Genellikle maliyeti azaltma ve endüstriyel atık miktarını düşürüp çevre zararını azaltmak amacı da sürdürülmektedir. MK'da yapısal hasarlar oluşturduğu için üç defadan fazla tamir gören MK kritik önemi olan dijital sistemlerde kullanılmaz (Du, 2018).

### **Montajlı Kart Tamirindeki Son Gelişmeler**

Ülkemizde de TH ve YM içeren MK'ların tamiri belirli bir başarı yüzdesi ile uzun yıllardan beri yapılmaktadır. Bununla birlikte yakın zamanda YM ızgara dizininli devre eleman paketlerinin (BGA, CSP, QFP ve FCs vb.) kullanımına geçilmiştir. Yeni nesil YM elemanların kullanımı MK tamirinde klasik yöntem ve ekipmanların (kalem tipi havya, lehim teli, lehim pastası, lehim ucu, ayaklı büyüteç vb.) kullanımını imkânsız hale getirmiştir. Ayrıca, yeni nesil EDE konvansiyonel tip,

YM EDE tamirinde karşılaşılmayan birtakım zorlukları da beraberinde getirmiştir (Philpott vd., 1999; Nguty vd., 2000; Ahlhelm, 2013). Yeni nesil YM eleman gövde altlarına geleneksel kılcal akışla dolun (capillary flow under-filling) veya yeni tip akıcı olmayan dolun yöntemi (no-flow under-filling) ile polimerik dolun malzemesi uygulanır. Polimerik malzeme EDE ile BDK arasında kalan boşluğu doldurur. Bu durum yeni nesil EDE'nin tamir işleminde ek termal gereksinimlerin karşılanma zorluklarının yanı sıra EDE'nin BDK üzerine montajı ve sökülmesinde de ek zorluk ve sıkıntılar oluşturmaktadır. Ayrıca, BGA ve CSP gibi yeni nesil EDE'nin bağlantı ayakları/terminaleri gövdelerinin altındadır ve bu bağlantı ayakları üstten görülemez. Bu nedenle de tamir işlemleri daha da zorlaşır. Buna ilaveten, her bir lehim topu veya terminalin tek tek tamirinin yapılamıyor olması da bütün tamir işlemini daha da karmaşıktırıp süreci zorlaştırmaktadır (Rupprecht, 2002; Horsley vd., 2002; Wood, 2003; Ahlhelm, 2013). Yukarıda bahsedilen faktörler ile birlikte diğer gelişmeler geleneksel YM ve yeni nesil YM tamir işlemlerinde sadece el ile (manuel) tamir sürecini değil, nerede ise imkânsız ve karmaşık hale gelen MK tamirini gerçekleştirecek otomatik tamir veya yeniden üretim (remanufacturing) sistemlerinin geliştirilmesinde kullanılacak otomasyon süreçlerini de etkilemektedir.

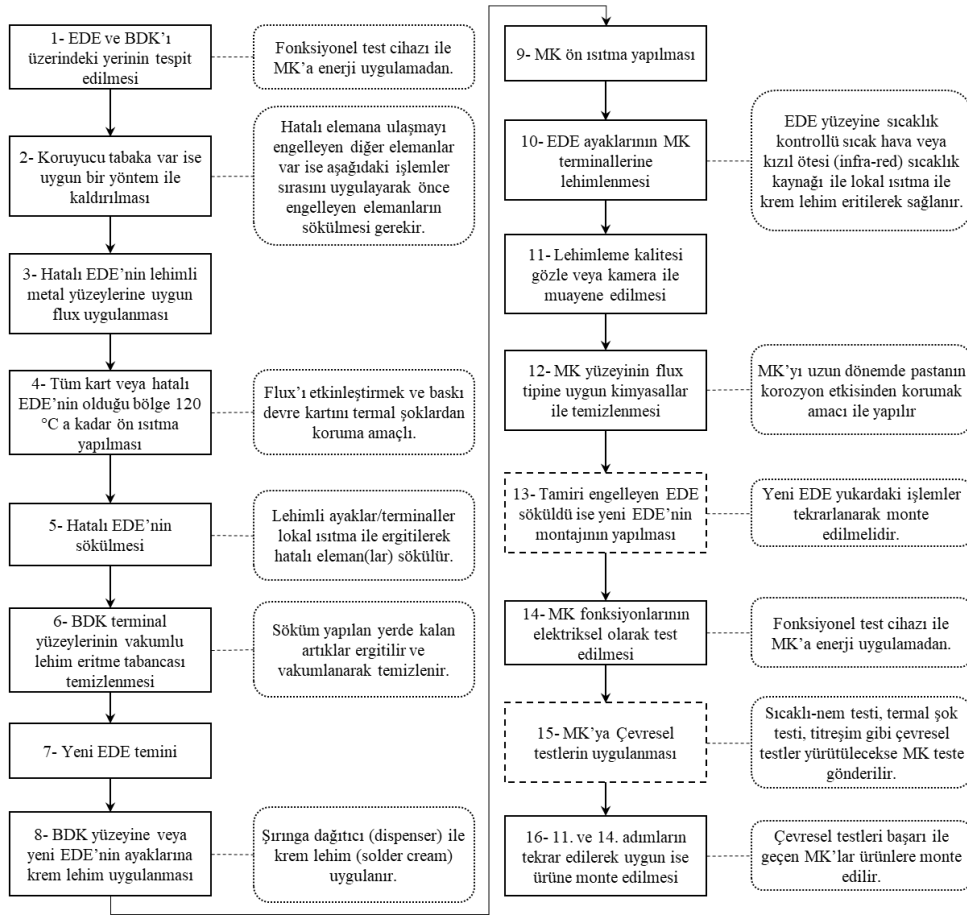
Bilye lehim topu dizinimli yeni nesil YM devre elemanlarının kullanımlarının giderek artacağı 20 yıl önce tahmin edilmiş olup (Chan vd., 2001; Yunus vd., 2003) veriler de tahminlerin gerçekleştiğini göstermektedir. Yakın zamanda büyük (>50mm), yüksek sayıda (1000+) fiziksel I/O (giriş/çıkış) ızgara dizinimli (Grid Array veya Area Array Packaging) paketlerinin tamiri ile ilgili konular tartışılmaya başlanmıştır. 2017 yılında bu paketler 60 mm'ye genişletilmiş, 2023 yılında ise bu paketlerin 75 mm olacağı tahmin edilmektedir (Czaplicki, 2013). Daha yakın zamanda BGA teknolojisinin gelişimi için verilen yol haritası da bu tahminleri doğrulamıştır (Lau vd., 2016). Muhtemelen 60 mm boyutundaki EDE'nin I/O yoğunluğu ikiye katlanacaktır. Yeni nesil EDE doğal yapıları gereği yüksek sıcaklığa duyarlıdır ve sahip oldukları her bir bilye lehim bağlantısının tek tek tamirinin yapılması pratik olarak mümkün değildir. Ayrıca lehim bağlantı terminaleri arasındaki (pitch size) adım veya aralık bazı elemanlarda 100µm'in altına inmeye başlamıştır ve bu değer daha da düşecektir (Yu ve Shangguan, 2013; Du, 2018). Netice itibarıyla, tamir işleminde müsaade edilebilecek olası hataların sınırları önemli derecede daralmış, gerekli hassasiyet ve tamir sürecinin kontrol edilebilirlik seviyesi ise manuel tamir yöntemlerinin kullanılmasına olanak

tanımayan seviyeye çıkmıştır. Bu nedenle de 1990'ların başından itibaren robot esaslı otomatik/otonom MK imalat ve tekrar imalat hücreleri (remanufacturing cell) geliştirilmesi çalışmalarına başlanmıştır (Geren ve Redford, 1996; Fidan vd., 1998; Geren, 2001; Geren, 2003; Geren vd., 2012).

## Tamir Süreci

### 1. Geleneksel YM Elemanların Tamir Süreci

Geleneksel YM EDE'nin yenisi ile değiştirilmesi için gereken işlemler, sırası ile Şekil 2'de verilmiştir.



Şekil 2. Geleneksel YM Elemanların Genel Tamir Prosedürü.



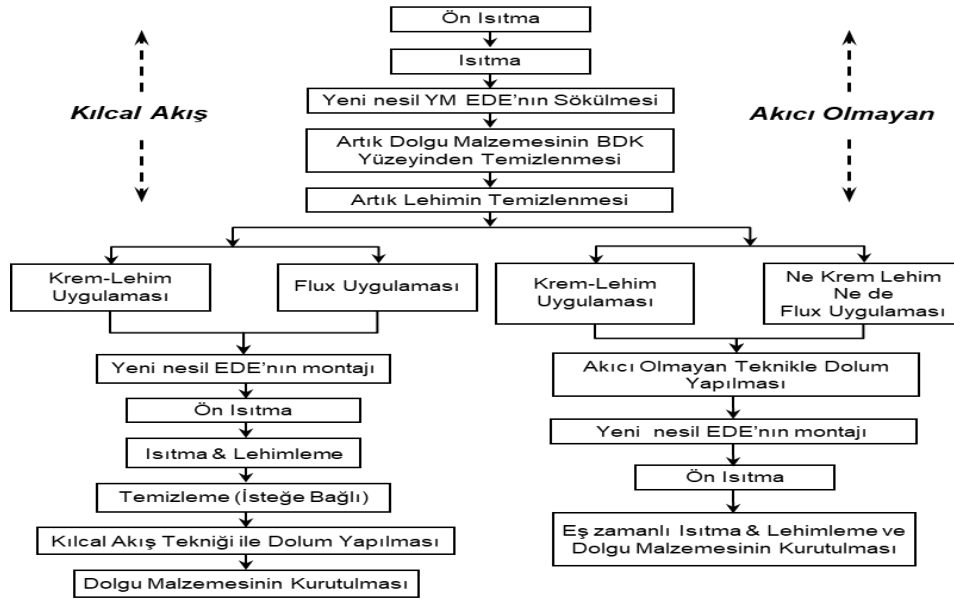
## 2. Yeni Nesil YM Elemanların Tamir Süreci

Elektronikteki hem yüksek güvenilirlikli hem de çevreyle dost ürün ihtiyacından dolayı dolgu malzemesi uygulaması (under-filling) ve özellikle kurşunsuz lehim kullanımı BDK montaj imalatında önemli bir yer edinmiştir (IPC Roadmap, 2000; Schwartz, 2014). Diğer taraftan dolgu ve kurşunsuz lehim kullanımı EDE'nin montajındaki ve doğal olarak tekrar üretim veya tamir işlemindeki sıkı kontrol gereksinimlerini daha da arttırmıştır (Chennagiri vd., 2011; Lau vd., 2016; Isaacs vd., 2017).

Dolgulu (underfilled) ve dolgunsuz (non-underfilled) EDE'nin tamir işlemi önceki bölümde verildiği gibi geleneksel YM elemanları ile benzerdir. İkisinde de hatalı EDE sökülür, BDK'nin ilgili ped yüzeyleri temizlenip yeni lehim uygulanır ve yeni EDE ped terminallerine yerleştirilip lehimlenir. Temel farklılık ise EDE ile BDK arasında dolgu malzemesinin olmasıdır ki, bu da özellikle tamir işleminde EDE'nin sökülmesi ve MK yüzeyinin temizlenmesi aşamalarında tanımlanması ve çözümlenmesi gereken yeni birtakım sorunlar doğurur (Wong vd., 1999; Wang ve Wong, 2000; Gowda vd., 2002; Isaacs vd., 2017). Ayrıca, dolgu malzemesi uygulanması tamir edilebilirliği kısıtladığı gibi montaj ve tamir prosedüründe ilave bir işlem basamağı oluşturur ve ayrıca tamir sürecinin değişmesine de neden olur. Bununla birlikte CSP ve FC EDE'de kürlendikten sonra ısıtıldığında yumuşadığından dolayı EDE kolaylıkla MK'dan sökülebilmektedir (Loctite, 2000; <https://www.henkel-adhesives.com>).

Literatürde yeni nesil YM EDE'nin tamir prosedürünün tamamını tüm yeni nesil EDE için veren bir çalışma Geren vd. (2006) tarafından yapılmış ve Şekil 3'te verilen genel tamir süreci oluşturulmuştur. Genel tamir prosedürü kılcal akışla ve akıcı olmayan dolum yöntemlerini de içeren iki farklı prosedürden oluşmaktadır ki, bu da dolgunun iki farklı yöntemle yapılabilmesi olmasından kaynaklanmaktadır. Bu yöntemlerden ilki elektronik imalatta uzun yıllardır uygulanan kılcal akışla dolum yöntemidir. Diğeri ise BGA, CSP ve FC gibi yeni nesil YM EDE için kullanılan akıcı olmayan "dolgu-dolum" yöntemidir (Tu vd., 2001; Liu vd., 2002; Tong, 2013). "Kılcal akış" ve "akıcı olmayan" dolgu yöntemleri ayrıca krem lehim ve lehim pastası uygulaması adlı iki alt yöntem ayrılmıştır. Krem lehim veya lehim pastası uygulaması ihtiyacı yeni nesil YM EDE'nin devre bağlantı terminallerini (ped) oluşturan bilye lehimdeki metal bileşimine, lehim bağlantı terminalleri arası mesafeye (pitch size), EDE'nin gövdesinin yapısına, BDK'nin fiyatına, elektronik

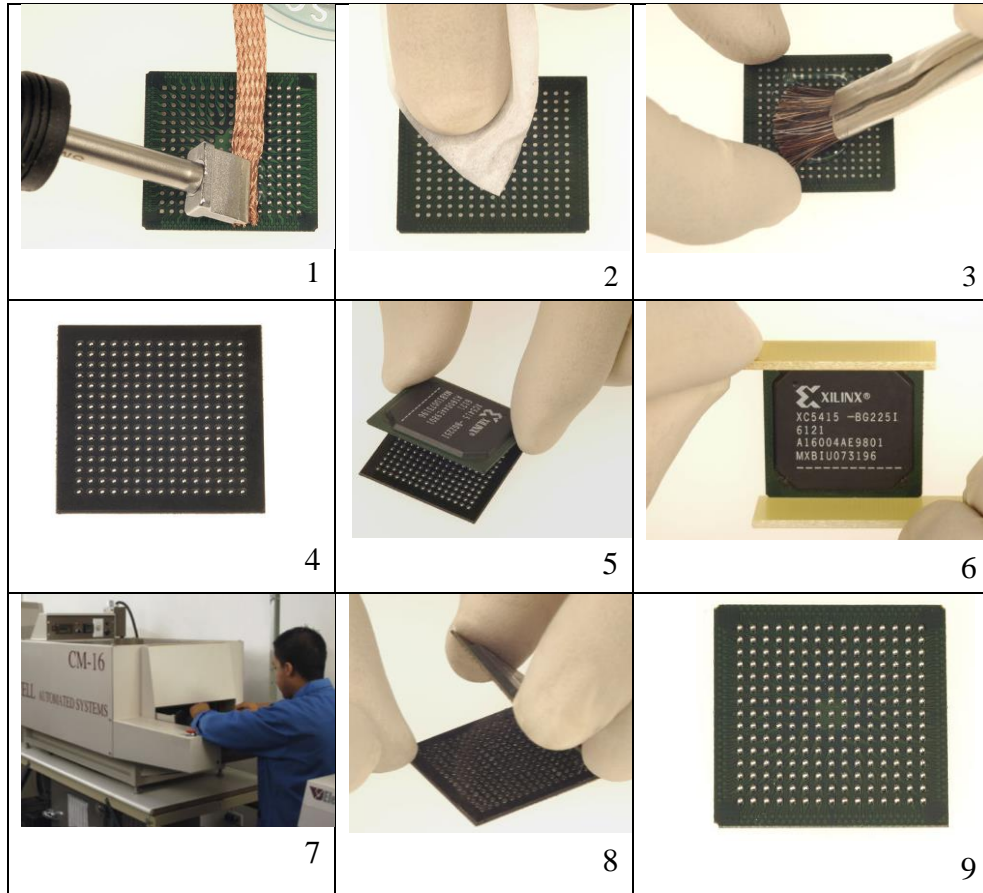
ürünün kullanılacağı yere vb. gibi çok çeşitli etkenlere bağlıdır. Lehim uygulanacak EDE BGA ve CSP'nin elemanlarına nasıl lehim uygulanacağı ise takip eden bölümde açıklanacaktır. Eğer EDE'nin bacakları veya terminalleri yan yüzeylerde olan paketlerden biri ise (QFP gibi) bu elemanların terminallerinin lehim kaplı veya lehimsiz olup olmadıkları önemlidir. EDE terminallerinde imalat öncesi lehim (pre-tinned) veya lehim bilyesi bulunduran EDE sadece lehim pastası uygulanarak lehimleme işlemine alınır. Buna karşın askeri ve uzay amaçlı yüksek güvenilirlik gerektiren endüstriyel uygulamalarda her durumda (lehim malzemesi ve EDE terminallerinin adımına bakılmaksızın) yeni EDE elemanı montajında ek lehim kullanımı önerilmektedir. Benzer şekilde ötektik olmayan lehim bilyesi kullanımlarında da ek lehim kullanımı tavsiye edilmektedir. Çünkü eklenen lehim içindeki lehim pastası yüzey oksitlerini çözerek lehimin yüzeye daha iyi ıslanmasını veya yayılmasını sağlamaktadır. Benzer durum EDE ile MK arasında ısıl genleşme katsayısı farklılığını ortadan kaldırmak için elastomer dolgu katmanı kullanılmış ise de geçerlidir (Licari ve Swanson, 2011).



Şekil 3. Yeni Nesil YM-EDE'nin Genel Tamir Prosedürü (Geren vd., 2006).

### 3. BGA ve CSP Elemanlarının Bilye Lehimleme Süreci

Köprü oluşumu, lehim çatlağı gibi nedenlerden dolayı MK'daki fonksiyonlarını yerine getiremeyen ancak kendisi sağlam olan ızgara dizimli EDE, tamir sürecinde BDK'dan sökülür. MK'dan sökülen BGA ve CSP gibi ızgara dizimli EDE'nin yeniden MK'ya lehimlenmesi için önce terminal yuvalarına bilye lehim toplarının yerleştirilmesi gerekmektedir. Şekil 4'te bu işlemin adımları verilmiştir (Schwartz, 2014; <https://www.instructables.com>).



Şekil 4. BGA ve CSP EDE'nin Lehim Topu Uygulaması Adımları  
(<https://www.instructables.com>)

**Adım 1:** Devre elemanından lehim topunu (bilyesini) uzaklaştır: Uygun bir fırça ile elemanın lehim terminali yüzeyine su ile çözünen lehim pastası uygulanır. Daha sonra lehim tipine bağlı olarak sıcaklığı ayarlanmış geniş ağızlı lehim havyası ile yüzeydeki lehim ergitilir ve lehimin, lehim havyası yüzeyine yapışması sağlanır. İşlem yapılan yüzeye tekrar lehim pastası uygulanır. Yüzeyde yer alan terminallerde kalan son lehimleri uzaklaştırmak için bakır örgülü fitil üzerine sıcak havya Şekil 4, Adım 1’de verildiği gibi yavaş ve hafifçe aşağı-yukarı uygulanır. Yüzeylerin ve terminallerin zarar görmemesine özen gösterilir.

**Adım 2:** Lehim topu uzaklaştırılan yüzeyleri temizle: İzopropil ve statik elektrik barındırmayan ve üretmeyen temizlik bezi ile lehim topu uzaklaştırılan yüzeyler temizlenir.

**Adım 3:** Lehim pastası uygula: Elemanın terminal yüzeyleri herhangi bir hataya karşı incelenir. Uygun bir fırça ile elemanın lehim terminali yüzeyine su ile çözünen lehim pastası tüm yüzeyde eşit bir şekilde dağıtılır.

**Adım 4:** Lehim topu kalıbı ile kalıplama: Devre elemanına uygun lehim topu kalıbı temin edilir. Lehim topu yerleştirme kalıbı (reballing insert preform) bilye top yuvaları yukarı bakacak şekilde yerleştirilir. Uygun çap (0,10-0,76 mm vb.) ve özellikteki lehim topları kalıp yüzeyine yayılır, fazla olanları yüzeyden hafifçe süpürülür. Tüm BGA kalıplama kalıp yuvalarının lehim topu ile dolu olduğundan emin olunmalıdır.

**Adım 5:** BGA’nın lehim topu kalıplama üzerine yerleştirilmesi (sandviçleme): BGA’nın bilye topu terminallerinin BGA lehim topu kalıbı üzerine tam ve doğru oryantasyonda oturtulduğundan emin olunmalıdır.

**Adım 6:** BGA lehim topu kalıbı ile BGA’yı aynı karede hizalama: Uygun hizalama aracı (Şekil 4) kullanılarak BGA lehim topu kalıbı ile BGA aynı karede hizalanmalıdır.

**Adım 7:** Lehimleme: Üst-üste yerleştirilen BGA ve lehim topu kalıbı lehimleme fırınına konular veya sıcaklık profili ayarlanabilen uygun bir lehimleme sistemi ile sandviç arasındaki lehim topları ergitilir.

**Adım 8:** BGA lehim topu kalıbının ayrılması: Lehimleme işlemi sonrası sandviç yapı hala ılık iken lehim topu kalıbı BGA’dan ayrılır. Lehim topu kalıp yuvaları içindeki tüm lehim bilyelerinin BGA’ya transfer edilip edilmediği kontrol edilir. Daha sonra yüzeyler temiz su ve yumuşak fırça ile temizlenir. Maske ve EDE terminallerinin durumu tekrar incelenir; çünkü maskelerde oluşacak en küçük hata,

terminaller arası köprü ve kısa devre oluşumuna yol açabilir (Gowda vd., 2001; IPC, 2011).

**Adım 9:** Bilyelenen elemanın incelenmesi: Son aşamada BGA veya CSP üzerindeki lehim bilyelerin kalitesi mikroskop veya büyüteç altında ilgili standartlara uygunluk açısından incelenir. Uygun ise EDE, BDK üzerindeki terminallere yerleştirilip, ısı uygulanarak BDK'ya lehimlenmeye hazırdır (IPC, 2011).

MK'dan sökülen ızgara dizinimli EDE arızalı ise yenisi ile değiştirilmesi gerekir. Bu durumda Şekil 4'teki tamir veya yeniden imalat süreci Adım 3'ten başlatılır. Ayrıca bu sürecin Şekil 2'de verilen genel tamir süreci içindeki konumunun Adım 6 ile 9 arasında olduğu dikkate alınmalıdır.

Yukarda verilen her adım kendi bünyesinde çok önemli kriterlerin yerine getirilmesini gerektirir. Bununla birlikte, lehim pastası, ön ısıtma ve lehimin ergitilmesi aşamaları MK'nın işlevini sürdürmesini doğrudan etkilemektedir. Bu nedenle, MK tamir sürecini etkileyen önemli faktörler takip eden bölümde ele alınacaktır.

### **Tamirde Etkili Süreç Adımları**

#### **1. Lehim Teknolojisi ve Etkili Faktörler**

##### **a. Lehimleme**

Ergimiş lehim iki metal yüzey arasında bağlantı sağladığında, gerçekte diğer metal yüzeyler ile kimyasal reaksiyona girerek metaller arası metalurjik bağ oluşturur. Bağın kalitesi iki faktöre bağlıdır; bunlardan biri lehimlenecek metallere metalurjik olarak uygun lehim seçimi ve diğeri ise metal yüzeylerin (metalik bağ önleyici) oksit, yağ ve kir içermemesidir. Her ne kadar lehimlenecek yüzeyler temiz gözüksün de metaller oksijen ile reaksiyona girerek yüzeylerde oksit tabakası oluştururlar ve lehimlemeyi çok zor hatta bazen imkânsız hale getirirler. Bu nedenle de metal terminal bağlantı noktalarında yeterli metalurjik bağ oluşmaz (Schwartz, 2014). Sonuç olarak; üretim esnasında bağlantılar arası köprü oluşumu, yeterli mekanik bağ oluşmama ve ayrıca iki terminalli (direnç ve kapasitör gibi) EDE'nin bir ayak üzerine dikilmesi (tombstone) vb. hatalar oluşur. Savunma sanayi gibi ağır kullanım koşullarında ise MK'nın sıcak-soğuk çalışma döngüsü, titreşim veya darbelere açık kullanımı eksik/yetersiz bağ hatalarını tetikleyebilir. Bunun

sonucunda lehim bağlantısının kopması, EDE bacalarının terminal yüzeylerinden ayrılması gibi MK arızaları ortaya çıkabilir ve MK elektronik fonksiyonunu yerine getiremez. Uygun sıcaklık ve lehim pastası kullanımı sözü edilen bağlantı problemlerini ortadan kaldırmanın en iyi yoludur (Naugler, 2002).

### **b. Lehim pastası**

Halk dilinde lehim pastası ancak teknik uygulamada “flux” olarak adlandırılan bu kimyasal yukarıda özetlendiği gibi lehimli bölgedeki oksitli yapıyı kaldırmak için ihtiyaç duyulmakla birlikte devre elemanı sökülürken kart yüzeyindeki lehimin dikit yapı almasını önlemek ve ısı transferini iyileştirmek için de kullanılır. Lehim pastası, hatalı elemanın lehimli metal yüzeylerine fırça veya spreyleyerek uygulanır.

Oksitlenme her sıcaklıkta olur, fakat lehimleme gibi 180-200 °C’deki yüksek sıcaklıklar altında hızla artar. Lehim pastası metal yüzeyleri temizler ve oksitlenmiş yüzeyler ile reaksiyona girerek yüzeyleri lehim bağı oluşturmaya en uygun hale getirir. Lehim pastası, görece yüksek sıcaklıkta gerçekleşen lehimleme boyunca yüzeyde kalarak, yüksek sıcaklık altında yeni oksit tabakalarının oluşumunu da engellemelidir. Lehim metalinde olduğu gibi, her biri farklı gereksinimler ve sınırlamalar içeren farklı çeşit (reçine (rosin flux), suda çözünen organik asit, temizleme gerektirmeyen (no-clean), ve inorganik asit) lehim pastası bulunmaktadır. Üretim hattında tekrar üretim kapsamında yapılacak YM eleman tamirinde (BGA ve CSP için Şekil 4, Adım 3’e bakınız) lehim pastası asit içeriği en az olanı kullanılmalıdır. Bununla birlikte uzun yıllar kullanım sonunda tamir edilmesi gereken MK’nın lehim bağlantı noktalarında daha kalın oksit tabakası oluşacağı için yüksek asitli lehim pastası kullanmak gerekebilir. Her iki gereksinim için kullanılacak lehim pastasının ergime sıcaklığı lehim malzemesinden çok daha düşük olmalıdır. Böylece lehimleme başlamadan lehim pastası yüzey oksitlerine nüfus ederek görevini yerine getirebilir. Görüldüğü gibi lehim pastası, MK üretimi esnasında ve üretim sonrası gerçekleştirilen tamirde kullanıma bağlı olarak farklı özellikler içermelidir (Tsenev, 2019).

Reçine (rosin) lehim pastası ısıtıldığında sıvı hale geçer ve hızlı bir şekilde oksit tabakayı kaldırır ve yüzey üzerindeki yabancı parçacıkları dışarı iter. Soğuduğunda ise katılaşır ve tepkimeye (inert) girmez. MK’nın kullanıldığı ortam sıcaklığının yüksek olmadığı uygulamalarda yüzeyde kalabilir. Ancak ortam sıcaklık artışının yüksek olduğu uygulamalarda lehimli yüzeyleri korozyona uğratıp lehimli

yok edebilir. Bu nedenle tamir sonrası reçine tipi lehim pastası artıklarının tamamının alkol ile temizlenmesi gerekir, aksi halde uzun dönemde BDK ped veya terminallerini yok edebilir ve BDK tamiri mümkün olmayabilir (Schwartz, 2014; Grosshardt vd., 2019).

Suda çözünen organik asit lehim pastaları en yaygın kullanılan pasta çeşididir. Organik asit lehim pastaları reçine çeşidine göre daha güçlüdür ve oksit tabakasını daha hızlı temizler. Ayrıca, su ile temizlenebilir. Bu malzemenin kalıntıları elektriksel olarak iletken olduğu için MK'nın performansına ve çalışmasına olumsuz etki edeceği için mutlaka temizlenmelidir. Aksi takdirde tamir sonrası MK yeni arızalara açık hale gelir (Grosshardt vd., 2019).

İnorganik lehim pastası çok yüksek asit ve korozyon etkisi nedeniyle elektronik ve elektriksel uygulamalara uygun değildir. Kesinlikle MK tamirinde kullanılması tavsiye edilmez. Ayrıca bazı üreticiler tamir esnasında jel-esaslı yüksek viskoziteli lehim pastası kullanmayı önermektedir. Tsenev (2019) bu uygulamanın başarısını destekleyen bulgular sunmuştur.

### c. Lehim seçimi

YM elemanların lehiminde (BGA ve CSP EDE hariç) krem kıvamında olan ve krem lehim olarak adlandırılan lehim kullanılır. Lehim pastası ayrıca, krem-lehimin en önemli bileşenidir. Bu nedenle lehimin lehim pastası içeriği krem-lehim seçiminde dikkate alınmalı ve lehim pastası seçiminde kullanılan kriterlere uymalıdır. Yeni nesil YM ızgara dizininli EDE'lerin tamiri için ise lehim topu kullanılmaktadır. Lehim ergime sıcaklığı ve süreci kalay/kurşun oranına bağlı olarak değişim gösterir. %50 kalay ve %50 kurşun oranına sahip olan lehimin ergimesi 183 °C'de başlar 216 °C'de tamamlanır. Bu sıcaklıklar arasındaki lehim malzemesi plastik veya yarı-sıvı durumunda kalır. 60/40 oranında ergime aralığı 50/50 oranından daha azdır. 63/37 oranında ise lehim 183 °C'de aniden ergir. Son iki tip karışım MK tamiri için daha uygundur (Circuit, T.C., 2019). 60/40 oranlı lehimin plastik davranışı nedeniyle, lehimin soğuma periyodunda lehim bağlantı elemanlarının hareket etmemesi gerekir. Donma esnasında lehimin hareket ettirilmesi, bağlantı elemanlarında rahatsız edilmiş bağlantı (disturbed joint) adı verilen düzensiz pürüzlü bir yüzey oluşturur ve lehim yüzeyi parlak değildir. Bu nedenle lehim donuk (mat) gözükür. Rahatsız edilmiş bağlantının güvenilirliği düşüktür ve yeniden tamiri gerekebilir (Xie vd., 2019). Rahatsız edilmiş lehim

bağlantıları kozmetik tamir kapsamında değerlendirilmekle birlikte birçok üretici lehim güvenilirliğini arttırmak için lehimi yenilemektedir. Bu durum savunma sanayi alanında da uygulanmalıdır.

Lehim ile ilgili önemli olan diğer bir konu ise uygulanacak lehim miktarıdır. Lehim miktarının gereğinden az kullanılmasının termal döngü sayısını azalttığı ve buna bağlı olarak EDE'nin kullanım ömrünü azalttığı tespit edilmiştir (Sriperumbudur, 2016). Bu nedenle lehimleme sonrası EDE'nin ped veya terminallerindeki lehim miktarı incelenmelidir.

## 2. Montaj ve Tamir için Lehim Ergitme Gereksinimleri

**a. Ön Isıtma ve Lehimleme Sıcaklıkları:** Ön ısıtma MK'nın ve EDE'nin olabildiğince termal şoktan koruyabilmek için yerel olarak uygulanır. Ön ısıtmada tavsiye edilen sıcaklık artışı  $2\text{ }^{\circ}\text{C/s}$ 'yi geçmemelidir. Aksi durumda özellikle seramik paketli EDE çatlar. Daha da önemlisi termal genleşme katsayıları farklı olan çeşitli malzemelerin katmanlarından oluşan baskı devre kartı, katmanlarına ayrılarak işlevini yitirebilmektedir (Geren ve Redford, 1994). Fakat BGA paket tiplerinde ön ısıtma için tavsiye edilen maksimum sıcaklık artışı (bakınız Şekil 6)  $3\text{ }^{\circ}\text{C/s}$ 'dir (Intel 2007; Intel Guide, 2016).

Lehimleme esnasında elemanın tümü ısıya maruz kalıyor ise eleman sıcaklığının saniyede  $5\text{ }^{\circ}\text{C}$  den fazla artması elemanın daha montajı yapılmadan aşırı sıcaklık artışı sonucu bozulmasına neden olur. Yine aynı şekilde tamir esnasında elemanların  $220\text{ }^{\circ}\text{C}$  ve üzerindeki sıcaklığa 10 saniyeden fazla maruz kalması durumunda EDE'ler işlevlerini yitirebilmektedirler.

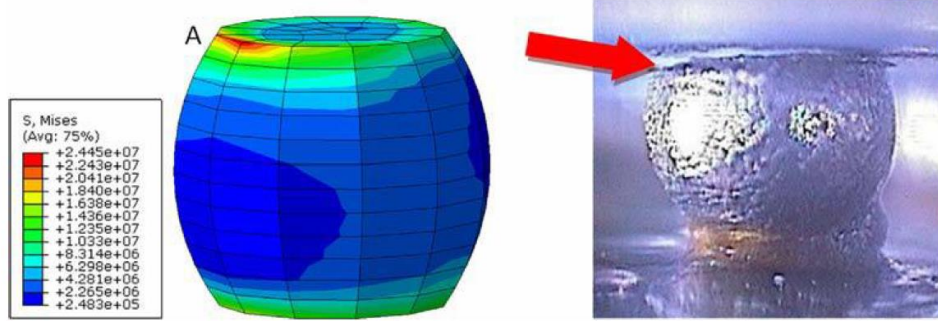
Tamir esnasında yüksek sıcaklıklarda ısıtma işleminde MK üzerindeki sıcaklık gradyanının  $25\text{ }^{\circ}\text{C}$  den fazla olması, BDK'nın, elemanlara ve lehim bağlantılarına zarar verir (Nguyen, 2003). Lehimleme esnasında yüksek sıcaklıkların kullanılması ve işlemin uygulama süresinin uzatılması lehim iç yapısında büyüme (intermetallic growth) oluşturur (Schwartz, 2014). Bu oluşum lehim bağlantı noktasında kırılabilirliği arttırdığı için bağlantının yorulma dayanımı azalır. Sürekli sıcak-soğuk termal döngüsü sonucu yorulmaya maruz kalan MK üzerindeki lehim bağlantıları, bir süre sonra çatlak, terminal/bacak kopması gibi arızalar oluşturarak MK'nın işlevini sonlandırır.

BDK çok değişik yapı ve katmanlardan oluşur. Ayrıca, MK yüzeyinde farklı boyut, özellik ve sayıda EDE bulunmaktadır. BDK'nın bu özelliği tamir esnasında



her bölgeye uygulanacak ısı yükü farklılaştırmaktadır. Bu nedenle tamir esnasında mutlaka geri besleme sıcaklık kontrollü kızıl ötesi ışıma (Infra-red), yönlendirilmiş sıcak hava gibi komşu EDE'ye en az etkili lokal ısıtma yapabilen lehim ergitme sistemleri kullanılmalıdır (Geren vd., 2011; Ahlhelm, 2013). Örneğin, ısı yükü fazla olan bir lehim ergitme sisteminin, ısı yükü az olan bir bölgede kullanımı, o bölge yakınındaki elemanların lehimlerinin ergimesine veya ergime noktasına yaklaşmasına da neden olur. Tamir gören elemana yakın bölgelerde sıcaklığın ergime noktasına yaklaşması lehimin iç yapısını bozar. İç yapıdaki bozulma sürekli ısınma-soğuma termal döngüsünde çalışan lehim bağlantısının yorulma kırılması oluşumunu hızlandırır (Lau vd., 2012).

Lehim bağlantı kalitesini etkileyen diğer bir faktör de lehimin soğuması evresidir. Lehimleme işlemi sonrası hızlıca soğutulan lehim bağlantılarında daha küçük lehim tanecik boyutu olduğu için bağlantının yorulma dayanımı artmaktadır. Fakat çok hızlı soğutma, MK yüzeyinde tercih edilmeyen sıcaklık gradyanı oluşturarak, MK'nın çarpılmasına neden olur. Çarpılma o bölgedeki tüm bağlantılarda daha sonraki dönemlerde MK'nın çalışmasını etkileyecek kalıcı zararlar oluşturur (Su vd., 1997; Ahlhelm, 2013). Benzer problemler BGA gibi büyük EDE için de söz konusudur. Örneğin BGA gibi elemanlar lehimleme fırınında soğurken, yüksek von-Mises eğilme gerilmelerinin oluşturduğu deformasyona maruz kalmaktadır (Lau vd., 2012). Lau vd. (2012), bu gerilme değerlerinin lehim BGA gövdesi birleşiminde 24.5 MPa'a ulaştığını deneysel ve bilgisayar destekli analizlerde göstermişlerdir. Bu gerilme değeri ise lehimin 20 MPa civarında olan akma dayanımı değerinin üstündedir (Jun vd., 2004). Hızlı soğuma sırasında oluşan yüksek gerilmeler nedeniyle de başlangıç çatlakları oluşarak Şekil 5'te gösterilen "A" noktasından (lehim topu ve devre elemanı tabakası (substrate) arasında oluşan) inter metalik (IMC layer) katmana ulaşır. Bunun sonucu olarak da MK'nın termal döngü ömrü kısalır. EDE ve MK deformasyonlarının kaynağı ise yapıyı meydana getiren malzemelerdeki termal genleşme katsayısı değişkenlerinin farklılığıdır.



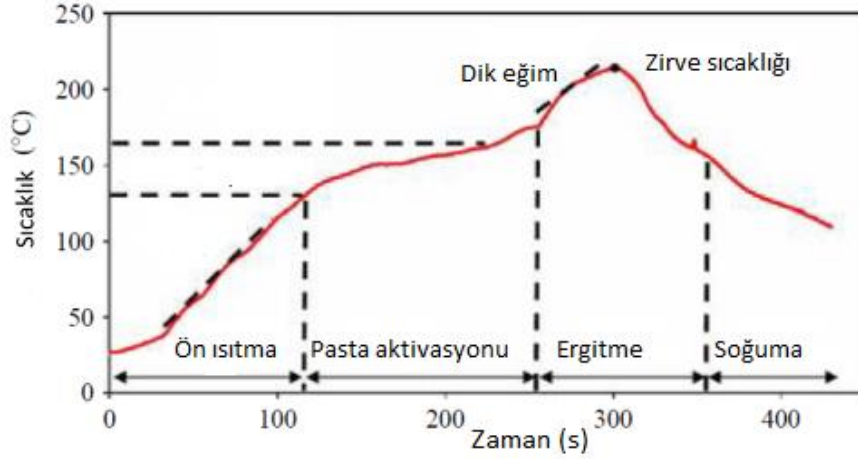
**Şekil 5.** Deneysel ve Bilgisayar Destekli Analizler ile BGA Lehim Topunun Soğuma Esnasındaki Bulgularının Karşılaştırılması (Lau vd., 2012).

**b. Zirve Sıcaklıkları:** Öncelikle EDE için en uygun lehim ergiticiyi seçebilmek için standart geleneksel ve yeni nesil YM EDE'nin termal gereksinimleri belirlenmelidir (Cluff ve Pecht, 2001; Naugler, 2002).

Lehim ergitme ve tekrar lehimleme işlemlerinde ideal bir lehim ergitme sıcaklık-zaman (termal) profili EDE cinsi ve MK üretici tavsiyeleri ile belirlenmeli (reflow profile) ve süreç gerekli işlem parametreleri göz önünde tutularak yürütülmelidir (Intel Guide, 2016). Lehim ergitme ve tekrar lehimleme esnasında kullanılacak zirve sıcaklığı, Şekil 6'da verilen sıcaklık-zaman profilinden görüldüğü gibi, lehim ergitme sıcaklığı ve EDE sıcaklık toleransına bağlı olarak belirlenir (Lau vd., 2012). Tamir esnasında komşu EDE'nin aşırı ısınmasını, BDK'nın çarpılmasını ve EDE'de oluşabilecek yapısal bozuklukları önlemek için lehim ergitme için kullanılan ısıtma sistemi seçimi önemlidir (IPC, 2011; Ahlhelm, 2013). Lehim ergitmek için kullanılacak termal enerji doğrudan yeni nesil elemanın gövdesinden geçip bilye lehim bağlantısına ulaşacak şekilde dikey olarak uygulanmalı ve komşu EDE ısıdan minimum düzeyde etkilenmelidir. Diğer bir deyişle gövdeden lehimlere ısı transferi iletim (kondüksiyon) ile gerçekleşmelidir.

EDE'nin sökme işlemi aşamasında, EDE ile BDK arasındaki lehim bağlantılarını tamamıyla ergitmeye yetecek miktar ve sıcaklıkta ısı uygulanmalıdır. Çünkü yeterli olmayan sıcaklıklarda lehim bağlantıları tam olarak ergimeyecek hatta EDE'nin sökme işlemi sırasında BDK'nın üzerinde bulunan bakır terminalleri (copper traces), lehimin bulaşmasını önleyici tabaka (solder masks) gibi kısımlar hasar görebilecektir.

Tamir esnasında kullanılacak termal sıcaklık profili Şekil 6'da verilen üretim esnasında kullanılan termal profile yakın olmalıdır (Intel Guide, 2016).



**Şekil 6.** Yeni Nesil EDE için Üretimde ve Tamirde Kullanılan Tipik Lehim Ergitme (reflow) Termal Sıcaklık (°C)-Zaman (s) Profili (Tsai, 2009; Lau vd., 2016).

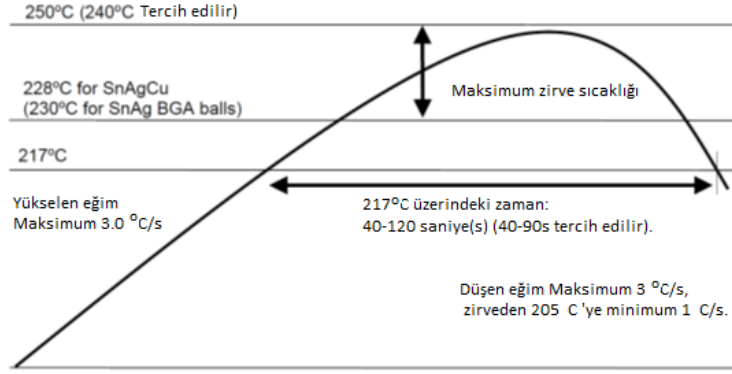
Yenisi ile değiştirilen EDE'nin montajı esnasında iyi bir lehim bağlantısı elde etmek için ilgili lehim bağlantılarının sıcaklıkları lehim ergitme sıcaklığından yüksek olmalıdır. Ayrıca, bu sıcaklıklarda yeterli lehim pastası aktivasyonu ve sıvı lehimin yüzey gerilimi ile uygun bir şekil (yayvan kubbemsi) alabilmesi için belirli bir süre beklenmelidir (Primavera, 1999; Cluff ve Pecht, 2001; Naugler, 2002). Genel bir yaklaşımla, krem lehimin, lehim ergitme termal profilindeki en yüksek sıcaklığa kadar ısıtılması zorunludur. Bu sıcaklık, lehimin ergitme sıcaklığından 20 °C ila 50 °C daha fazladır (Su vd., 1997; Primavera, 1999). Genellikle ötektik kalay/kurşun (Sn/Pb) lehim alaşımı için lehim bağlantısının ergitme sıcaklığının 205 °C~235 °C arasında olması önerilir (Blackwell, 2000). Bununla birlikte, yeni nesil EDE'nin büyük bir çoğunluğu 240 °C-250 °C sıcaklığa dayanabilecek şekilde imal edilmiştir ve dolayısıyla tamir işlemi süresince en yüksek lehimleme sıcaklığı bu limitleri aşmamalıdır (Yang vd., 2001; Beckett vd., 2002; Wölflick ve Feldmann, 2002; Rupprecht, 2002; Intel Guide, 2016). 132 terminalli BGA'lar için lehimleme esnasında kullanılacak minimum zirve sıcaklığının, lehimin ergitme sıcaklığının 25-30 °C üzerinde olması tavsiye edilmiştir (Lee, 2002). Lehimleme esnasındaki

zirve sıcaklıklarının belirtilenin altında olması durumunda soğuk/donuk bağlantı (cold-joint) ve bağlantılarda yeterli lehim ıslatması (wetting) elde edilemeyebilir (Lau vd., 2012).

Tamir işlemi boyunca ani yüksek sıcaklık farkları (>25 °C) lehim ergitme sıcaklığı gibi yüksek sıcaklıklarda zarar verici olabilir ve gerek BDK'da gerekse EDE'de termal şok etkisi yaratabilir. Bu da çarpımalara, EDE'nin iç ve dış gövde yapısında çatlamalara ve ayrıca istenilen kalitede lehim bağlantısı oluşmaması gibi sonuçlara neden olabilir (Russell, 1999; Primavera, 1999). Lau vd. (2012) BGA terminal noktaları arasındaki sıcaklık farkının 5 °C'den fazla olmaması gerektiğini belirlemiştir. Termal modelleme çalışması sonuçlarının deneysel olarak da doğrulandığı araştırma sonuçlarına göre aynı BGA üzerinde yer alan terminal sıcaklıklarının 8 °C'den daha fazla olması durumunda BGA gövdeleri çarpılmakta ve terminal bağlantıları ile teması (via open) kesilmektedir. Ayrıca BGA'nın terminalleri üzerinde açısız dönmesi (skew) mümkün olup bunun sonucu olarak terminallerde kısa devre (short circuit) oluştuğu belirlenmiştir.

Seramik gövdeli BGA (CBGA), Bant BGA'ların (Tape Ball Grid Array (TBGA)) 90 Pb/10 Sn alaşımli 302 °C ergime noktası olan lehim bilyeleri ile lehimlendiği de dikkate alınmalıdır.

Sonuç olarak, BDK'nın tüm yüzeyinde ve tamir yapılan EDE'nin gövdesinde sıcaklık dağılımının ve farklılıklarının makul seviyelerde olması önemlidir. İyi bir pratik kural olarak, genellikle yeni nesil EDE için tamir işleminin yapıldığı alan içerisindeki sıcaklık farklılığının 10 °C veya daha az olması sağlanmalıdır (Primavera, 1999; Wood, 2003; Li ve Sun, 2017). Buna ek olarak, EDE'nin normal soğutma hızı da 6 °C/s den düşük olmalıdır (Intel, 2007; Intel Guide, 2016). Ancak soğutma hızı ve sıcaklık ile ilgili diğer faktörler devre elamanına bağlı olarak değişmekte ve EDE üreticileri tarafından verilmektedir. Hızlı soğutmanın yapılması, lehim bağlantılarının ince taneli olmasına bağlıdır ve hızlı soğutma yorulma dayanımlarının artmasına neden olur (Su vd., 1997; Intel, 2007; Intel Guide, 2016). Örneğin Intel zirve sıcaklığından 205 °C'ye kadar 1-3 °C/s sıcaklık düşüşü önermektedir (Şekil 7). Soğutma hızının 1°C veya biraz daha yüksek değerlerinde lehim ince taneli mikro-yapı ile karakterize edilmektedir. Önerilen soğutma hızı uzun dönem güvenilirlik için gereklidir (Xie vd., 2019). Bu aralıkta hızlı soğutma lehimde inter-metalik yapının artmasına neden olmaktadır (Intel Guide, 2016). Ayrıca, tamir yapılan bölgenin yakınındaki EDE'nin sıcaklığı ise 150 °C'yi aşmamalıdır (Russell, 1999; Primavera, 1999).



Şekil 7. BGA EDE'lerin Sıcaklık-Zaman Profili (Intel 2007; Intel Guide 2016).

Görüldüğü gibi, tamir esnasında lehimleme işlemi için uygulanan ısı miktarı ve sıcaklık kontrol edilebilmeli, komşu elemanlar ısıtma işleminden etkilenmemeli ve ısı doğrudan elemanın gövdesine verilmelidir. Bu gereksinimler sadece lazer, yönlendirilmiş sıcak hava ve odaklı infra-red (IR) gibi ısıtma sistemlerinin lehim ergitme amacı ile kullanılabileceğini dolaylı olarak göstermektedir (Çakırca, 2004; Geren vd., 2012).

**c. Tamir Sonrası MK Temizliği:** Tamir sonrası lehim pastası artıkları ve yabancı maddeler, daha sonra ortaya çıkabilecek problemleri (korozyon vb.) ortadan kaldırmak için mutlaka temizlenmelidir.

### Sonuç

Yakın zamanda YM ızgara dizinimli (BGA, CSP, QFP ve FCs vb.) devre eleman paketlerinin kullanımına geçilmesi ile birlikte yeni nesil YM elemanların kullanımı, MK tamirinde klasik yöntem ve ekipmanların kullanımına imkân vermediği gibi tamiri yönlendiren bilgi ve gereksinimler de oldukça değişmiştir. Buna bağlı olarak yeni nesil paketler içeren MK tamiri ile ilgili ulusal bilgi birikimi de yetersiz düzeyde kalmıştır. Bu konuda yapılan literatür taraması sonuçları konu üzerinde yapılan çalışmaların yetersiz olduğunu göstermektedir. Buna karşın ulusal ticari ve savunma sanayimiz, savunma sistemleri üretimi ve geliştirilmesi konusunda kayda değer projeler geliştirmektedir. Savunma projelerinin bir kısmı elektronik kontrol sistemlerini de içermektedir. Bu sistemlerde kullanılan yeni nesil paket tipleri hem imalat sürecinde hem de kullanım sürecinde mutlaka tamir

gerektirecektir. Ayrıca, yurt içi ve dışından tedarik edilen savunma sistemlerinin elektronik ekipmanları operasyonlar esnasında arızalanabilmektedir. Bu ürünlerin hurdaya ayrılması stratejik açıdan anlamlı değildir. Bu çalışmada hem geleneksel hem de yeni nesil YM EDE için genel tamir süreçleri ayrı ayrı oluşturularak verilmiştir.

Yeni nesil YM EDE'nin başarıyla tamirinin yapılmasında bütün tamir işlem basamakları aynı öneme sahip olmalarına rağmen, tamirin en önemli işlem basamaklarının, EDE sökme ve lehimleme için gerekli olan lehim ertitme, lehim pastası ve lehim seçimi olduğu gösterilmiş ve süreç içinde dikkat edilmesi gereken noktalar ortaya çıkarılmıştır.

Fonksiyonunu yitiren hatalı YM EDE'nin yenisi ile değiştirilmesi sürecinde kullanılacak ısı kaynağının seçimi lehim ertitme ve tekrar lehimleme esnasındaki termal gereksinimlere bağlıdır. Yeni nesil YM EDE'nin tümü için termal gereksinimler dolgu malzemesi ve kurşunsuz lehim uygulamaları da göz önünde bulundurularak dikkatlice tespit edilmesi gerekmektedir.

Elektronik üretimde tamir, üretim ve ürün kullanım sürecinde gereken bir imalat sürecidir. Tamirin gerçek sonucu hemen ortaya çıkmayabilir. MK kendisinden beklenen fonksiyonları ilk testlerde yerine getirebilir. Ancak, tamir esnasında yukarıda bahsedilen hatalardan biri veya birkaçı oluşturulur ise MK üzerindeki EDE'de kalıcı zararlar oluşur. Buna bağlı olarak da kartın güvenilirliği azalır. Bu nedenle çalışmanın içeriği öncelikle MK'da YM (paket) teknoloji kullanan kuruluşların ve elektronik bakım/onarım teknik ekibinin MK tamir süreçlerinin yapılandırılmasına katkı sağlayacaktır. Ayrıca ve daha önemlisi hem BDK montajı hem de YM EDE içeren BDK tamirini aynı imalat hücresi içinde otonom olarak yürüten robotik esnek üretim sistemleri yurtdışında geliştirilmiştir. Bu çalışmanın çıktıları da yeni nesil YM MK tamirini otonom olarak yapabilecek robotik (esnek) üretim sistemlerinin geliştirilebilmesi için kullanılabilir, çünkü bu çıktılar gerekli süreçleri ve etkili faktörlerin önemli bir kısmını vermektedir. Bu nedenle çalışmanın çıktıları ürün-makine ilişkisi kurulması için belirleyici bir başlangıç oluşturabilir.

### **Extended Summary**

Assembling of printed circuit boards involves a multitude of component parts and a series of interdependent and sometimes repetitive assembly processes.

Therefore, it is a complicated and defect-prone process. Electronic companies' rework rates are between 10% and 30% per cent and often add an additional cost of between 5% and 25% per cent.

There is an increasing need of national knowledge for manufacturing technologies of defence products. Electronic production technologies including printed circuit board (PCB) assembly (PCBA) remanufacturing (rework) is one of these technologies. PCBA rework technology aims to replace a defected component economically in electronic equipment without adversely affecting the overall performance, function and reliability of PCBAs. However, national embedded knowledge on the subject has been insufficient for new generation surface mount components (SMCs). In contrast to this, our national commercial and defence industries get involved with remarkable projects requiring electronic products very recently. The disposal of a malfunctioning PCBA only for a defected component(s) is prohibitive.

The tendency to decrease the size of electronic packages with higher-density I/Os is obvious, which leads to the use of quad flat pack (QFP), area array packaging like Ball Grid Arrays (BGAs) and Chip Scale Packages (CSPs). The use of these new generation components completely changed and complicated the repair process of PCBAs. Incomplete and faulty applications during the repair process may result in the loss of national resources by completely disabling the products. In addition, failure of PCBAs in equipment during military operations can create life-threatening or undesirable consequences.

The purpose of this study is to review the rework or repair procedure of PCBAs. It provides generic rework procedure and rework procedure for new generation packages. Then it discusses the most important steps and factors effective in each step of the new generation surface mount components (SMCs). The main intention is to contribute to national knowledge growth, needed particularly for electronic production of defence industry.

Basically, repair process of new generation SMCs is similar to the traditional SMCs such as, the removal of defective component, cleaning of the surface, application of new solder cream and the new component placement and soldering. The main difference is the filling material between component and PCB, which creates a number of new problems that need to be identified and resolved. However, rework process of area array packages is more tedious and requires reasonably

different process steps. The paper provides the rework procedures for area array packages requiring no-flow under-fill and for conventional SMC with capillary flow.

Replacing defective components contains many factors that reduce the reliability of PCBA. The quality of the solder bond depends on two factors; first is the choice of metallurgically suitable solder and the other is metal surface cleaning quality which is performed by flux. The use of flux is essential during the rework to remove metal oxides on the connections for better wetting and soldering of the joints.

Before the replacement of new SMC (excluding BGA and CSPs), solder cream is applied to previously cleaned pads. Flux is also the most important component of the cream-solder. The solder cream is to contain the same type of flux that is used during the fluxing. Whereas, the solder ball is used for the repair of area array packages instead of the solder cream containing the flux. Therefore, the area array component repair process differs from all-new generation SMCs. Generally, the solder melting temperature and process varies depending on the tin/lead ratio. The options for the correct choice of flux are also discussed in detail according to the solder and PCBA types.

Both preheating and heating are very important steps of the rework. Preheating should be applied locally or to the entire PCBA to protect PCBA and component from the thermal shock as much as possible. In the high temperature phase of repair, the temperature gradient of PCBA is also important for the reliability of PCBA. Temperature gradients for both of these processes are provided. In addition to that the importance of solder reflow systems, which should provide the best effective local heating without disturbing and heating adjacent components such as laser, focused infra-red (IR) and directed hot air reflow systems, is suggested.

After the soldering, the solder cooling step takes place. The rate of cooling directly determines the solder grain size and consequently, the thermal cycle life of the PCBA is affected. The importance of this is also discussed.

Almost all projects contain electronic control systems in defence products. The types of SM packages used in these systems will necessitate repair both in the manufacturing and during the service use. The scrapping of these products is not strategically meaningful. If the techniques, procedures, and effective factors that are given this work are considered, the rework of PCBAs can be performed successfully. In addition, the fundamental knowledge required to establish the product-machine relationship for a development of autonomous PCB repair systems is being made available to the national industry.



---

### Kaynakça

#### Kitaplar

- Ahlhelm, N. (2013). *An Introduction to High Reliability Soldering and Circuit Board Repair*, ISBN: 1453657460 / 9781453657461.
- Blackwell, G. R., (2000). *Surface Mount Technology, The Electronic Packaging Handbook*, Ed. Blackwell G. R., Boca Raton: CRC Press LLC.
- Bogatin, E., Potter D., Peters L., (1997). *Roadmaps of packaging technology*, chp 10, ISBN-10: 1877750611. [http://smithsonianchips.si.edu/ice/cd/PKG\\_BK/CHAPT\\_10.PDF](http://smithsonianchips.si.edu/ice/cd/PKG_BK/CHAPT_10.PDF).
- Cluff, K.D., ve Pecht M.G., (2001). *Electronic Packaging Technologies, Mechanical Engineering Handbook*, Ed. Kreith F., Boca Raton: CRC Press LLC.
- Geren, N., (2001). Model Based Flexible PCBA Rework Cell Design, *Computer-Aided Design, Engineering and Manufacturing Systems Techniques and Applications*. Vol V. The Design of Manufacturing Systems, Editor Cornelius Leondes, Chapter 6, p.1-44 ISBN. 0-8493-0997-2.
- Lee, N.C. (2002). *Reflow Soldering Processes and Troubleshooting SMT, BGA, CSP, and Flip Chip Technologies*, Butterworth-Heinemann, Boston, MA.
- Licari, J.J. ve Swanson D.W. (2011). *Adhesives Technology for Electronic Applications* (Second Edition), <https://doi.org/10.1016/B978-081551513-5.50006-1>.
- Schwartz, Mel M. (2014). *Soldering: Understanding Basics*, ASM International, The materials Information Society. ISBN 9781627080583.
- Suhir, E., Lee Y.C., ve Wong C.P. (2007). *Micro- and Opto-Electronic Materials and Structures: Physics, Mechanics, Design, Reliability, Packaging: Volume I Materials Physics - Materials Mechanics. Volume II Physical Design - Reliability and Packaging*, Springer Science & Business Media, 1460 sayfa.
- Tong, Ho-M, Lai Yi-S, ve Wong C.P. (2013). *Advanced Flip Chip Packaging*, Springer ISBN 978-1-4419-5767-2.

#### Makaleler

- Beckett, P.M., Fleming A.R., Gilbert J.M., ve Whitehead D.G. (2002). The Finite Element Modeling of Laser Soldering for Electronic Assemblies, *Int. Journal*

- of Numerical Modeling: Electronic Networks, Devices and Fields*, 15(1), 265–281.
- Chan, Y. C., Tu P. L., ve Hung K. C. (2001). Study of The Self Alignment of No-Flow Underfill for Micro-BGA Assembly, *Microelectronics Reliability*, 1867-1875.
- Chennagiri, G., Iyer S. S., ve Srihari, K. H. (2011). Rework of Lead-Free Area Array Packages Assembled on Ultrathin Flexible Substrates, *IEEE Transactions on Components, Packaging and Manufacturing Technology*, 1(4), 611-621.
- Çakırca, M. (2004). Alternative proposals for automating rework of advanced surface mount components, *Çukurova University Institute of Natural and Applied Sciences*, Department of Mechanical Engineering, Adana.
- Çelik, M. ve Genç C. (2010). Baskı devre kart elemanlarının mekanik yorulma ve hassasiyet analizleri, *Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Dergisi*. 25(1), 27-38.
- Demircan, T. ve Özdemir, E. (2019). Askerî Sistemlerin Yüksek Sıcaklıklara Çıkan Devre Elemanlarının Etkin Olarak Soğutulması, *Savunma Bilimleri Dergisi*, 18(1). ISSN (Basılı): 1303-6831 ISSN (Online): 2148-1776.
- Du, J. (2018). Reliability Analysis for High-Density PCA after Multiple BGA Reworks, 2018 3rd International Conference on System Reliability and Safety (ICRSRS).
- Fidan, I., Kraft, R., Ruff, L. ve Derby, S. (1998). Integration steps of a fully-automated remanufacturing cell system used for fine-pitch surface mounted devices, *IEEE Transactions on Components Packaging and Manufacturing Technology, Part A*, 21(1), 71-78.
- Foster, A.W. (2019). Predicting Solder Defects in Printed Circuit Board Assembly (PCBA) Process, Massachusetts Institute of Technology, Master Thesis.
- Geren, N., Chan, C. ve LO, E. (1992). Computer-Integrated Automatic PCBA Rework, *Integrated Manufacturing Systems*, 3(4), 38-43, DOI:10.1108/09576069210018943.
- Geren, N. ve Redford, A.H. (1994). The Significance of Desoldering and Resoldering Methods in Robotic Automated Rework, *Journal of Electronics Manufacturing*, 4(1), 41-51.
- Geren, N. ve Redford, A. H. (1996). Automated Rework of Printed Circuit Board Assemblies: Methods and Procedures, *Int. Journal of Computer Integrated Manufacturing*, 9(1), 48-60.

- Geren, N. (2003). Determination and Comparison of Surface Mount Component Rework Cycle Times of Manual and Fully Automated Robotic Rework Stations for Rework Technology Selection, *IEEE Transactions on Electronics Packaging Manufacturing*, 26(2), 123-132.
- Geren, N., Çakırca, M. ve Bayramoğlu, M. (2006). Design of a flexible assembly and remanufacturing cell for advanced SM components: selection of cell design concept based on reflow tools, *Soldering & Surface Mount Technology*, 18(1), 29-43.
- Geren, N., Sarıgül, Ç. ve Bayramoğlu, M. (2011). Systematic mechanical design approach for a flexible printed circuit board assemblies (PCBA) rework cell: part I – generic mechanical design procedure, *Soldering and Surface Mount Technology*, 23(4), 244-256.
- Geren, N., Sarıgül, Ç. ve Bayramoğlu, M. (2012). Systematic mechanical design approach for a flexible printed circuit board assemblies (PCBA) rework cell: part II - conceptual design of soldering and desoldering system, *Soldering and Surface Mount Technology*, 24(3), 151 - 166. DOI: 10.1108/09540911211244313.
- Ghaffarian, R. (2003). Technology Readiness Overview: Ball Grid Array and Chip Scale Packaging, Nasa Electronic parts and packaging program (NEPP), <http://nepp.nasa.gov>.
- Gowda, A., Srihari K. ve Primavera A. (2001). Lead-Free Rework Process for Chip Scale Packages, Proceedings of the Advanced Packaging Technology Conference, July, 8p. published 6/12/2001.
- Gowda, A., Primavera, A., Rampurawala, M., ve Srihari, K. (2002). Rework and Reliability of Underfilled CSP Assemblies, Proceedings of the IEEE Electronic Components and Technology Conference, pp.458-466.
- Grosshardt, O., Nagy, B. Á ve Laetsch, A. (2019). Applying microscopic analytic techniques for failure analysis in electronic assemblies. *Applied Microscopy*, 49(7), <https://doi.org/10.1186/s42649-019-0009-1>.
- Horsley, R. M., Ekere, N. N. ve Salam, B. (2002). Effect of Lead-Free BGA Rework on Joint Microstructure and Intermetallic Compound Formation, Proceedings of the IEEE Electronic Components and Technology Conference, 1497-1501.
- IPC Roadmap, (2000). A Guide for Assembly of Lead-Free Electronics, Draft IV, June.

- IPC (2011). IPC-7711B/7721B Change 1 November 1, 2011 Rework, Modification and Repair of Electronic Assemblies.
- Isaacs, P., Chia, K. L., Poh H. I. ve Truman, T. (2017). Process considerations for lead free assemblies, Pan Pacific Microelectronics Symposium (Pan Pacific), Kauai, HI, 1-8.
- Jun, W., Ping, H. ve Fei, X. (2004). The effect of residual stress on the flexing strength of PCB assembly, High Density Microsystem Design and Packaging and Component Failure Analysis, HDP '04. Proceedings of the Sixth IEEE CPMT Conference on, 30 June-3 July, 146-50.
- Lau, Chun-Sean, Abdullah M.Z., ve Ani C. F. (2012). Computational fluid dynamic and thermal analysis for BGA assembly during forced convection reflow soldering process, *Soldering & Surface Mount Technology*, 24(2), 77-91, <https://doi.org/10.1108/09540911211214659>.
- Lau, Chun-Sean, Khor, C., Soares, D., Teixeira, J. ve Abdullah, M. (2016). Thermo-mechanical challenges of reflowed lead-free solder joints in surface mount components: a review, *Soldering & Surface Mount Technology*, 28(2), 41-62. <https://doi.org/10.1108/SSMT-10-2015-0032>.
- Li, W. ve Sun, X. (2017). An analysis case on the failure of BGA solder joints, 18th International Conference on Electronic Packaging Technology (ICEPT), Harbin, 731-734.
- Liu, D., Chen T., Yuan, Y., Lu, Y.F., Hong, M. ve Goh, R. (2002). Laser Reflow Plastic Ball Grid Array, Proceedings of the SPIE - The 2nd Int. Symp. on Laser Precision Microfabrication, vol. 4426, 363-366.
- Loctite, (2000). Loctite launches the first commercially available reworkable underfill, *Soldering & Surface Mount Technology*, 12(2), <https://doi.org/10.1108/ssmt.2000.21912bad.005>.
- Naugler, D. (2002). Area Array Rework-Size Does Matter, *Circuits Assembly*, July, 36-40.
- Nguty, T.A., Ekere, N. N., Philpott, J. D. ve Jones G. D. (2000). Rework of CSP: The Effect on Surface Intermetallic Growth, *Soldering & Surface Mount Technology*, 35-38.
- Philpott, J.D., Nguty, T.A., Ekere, N.N. ve Jones G. D. (1999). Effect of CSP Rework on Surface Intermetallic Growth, Proceedings of the IEEE/CPMT Int. Electronics Manufacturing Tech. Symp., 141-147.

- Primavera, A. (1999). Influence of PCB Parameters on Chip Scale Package Assembly and Reliability-Part I, Proceedings of the 12th SMTA International, San Jose, California, September, 13p.
- Rupprecht, H. (2002). Array Package Rework—Lead Free Throws a Curve, *Circuits Assembly*, July, 30-34.
- Russell, E. (1999). A Total Flip Chip Rework Procedure, *Circuits Assembly*, July, 28-30.
- Sriperumbudur, S. S. (2016). Effects of solder paste volume on PCBA yield and reliability, Master Thesis, Department of Manufacturing and Mechanical Engineering Technology, College of Applied Science and Technology, Rochester Institute of Technology, Rochester, NY, May, 2016.
- Su, Y.Y., Srihari, K. ve Emerson, C. R. (1997). A Profile Identification System for Surface Mount Printed Circuit Board Assembly, Proceedings of the 21st Int. Conf. on Computers and Industrial Engineering, 33(1-2), 377-380.
- Tsai, T.N. (2009). Modeling and optimization of reflow thermal profiling operation: a comparative study, *Journal of the Chinese Institute of Industrial Engineers*, 26(1), 480-92.
- Tsenev, V. (2019). Post Reflow Repair Technology with Automatic SMD Assembly for Big Volume of Products, 2019 X National Conference with International Participation (ELECTRONICA), Sofia, Bulgaria, 1-4.
- Tu, P.L., Chan, Y.C. ve Hung, K. C. (2001). Reliability of microBGA Assembly Using No-Flow Underfill, *Microelectronics Reliability*, 1993-2000.
- Wang, L. ve Wong, C. P. (2000). Recent Advances in Underfill Technology for Flip Chip, Ball Grid Array, and Chip Scale Package Applications, Proceedings of the IEEE Int. Symp. on Electronic Materials & Packaging, 224-231.
- Wong, C. P., Wang, L. ve Shi, S. H. (1999). Novel High Performance No Flow and Reworkable Under fills for Flip-Chip Applications, *Mat. Res. Innovat*, 2(1), 232–247.
- Wood, P. (2003). Rework with Lead-Free Solders, *Circuits Assembly*, August, 18-21.
- Wölflick, P. ve Feldmann, K. (2002). Lead Free Low Cost Flip Chip Process Chain: Layout, Process, Reliability, Proceedings of the SEMI/IEEE West, Int. Electronics Manufacturing Technology (IEMT) Symposium, 27-34.

- Xie, D., Hai, J., Wu, Z. ve Economou, M. (2019). Solder Joint Reliability of Double-Side Mounted DDR Modules for Consumer and Automotive Applications, 2019 IEEE 69th Electronic Components and Technology Conference (ECTC), Las Vegas, NV, USA, pp. 486-492.
- Yang, L., Bernstein, J. B. ve Chung, K. (2001). The Impact of Lead-Free Soldering on Electronics Packages, *Microelectronics International*, 20-26.
- Yu, H. ve Shangquan, D. (2013). Solidification and reliability of lead-free solder interconnection, *Soldering & Surface Mount Technology*, 25(1), 31-38. <https://doi.org/10.1108/09540911311294632>.
- Yunus, M., Srihari, K., Pitarresi, J. M. ve Primavera, A., (2003). Effect of Voids on the Reliability of BGA/CSP Solder Joints, *Microelectronics Reliability*, 43(1), 2077–2086.

### Web Sitesi

- Circuit TC (2019). <http://www.circuitrework.com/guides/7-1-1.shtml>, 18.09.2019 tarihinde erişildi.
- Czaplicki, B. (2013). Advanced Rework Technology and Processes for Next Generation Large Area Arrays, 01005, PoP and QFN Devices, Circuit Technology, September 23, <http://circuittechnology.com/blog/airvac-rework-technology-2/>.
- Henkel web (2019). 5 Eylül 2019'da [https://www.henkel-adhesives.com/sg/en/product/encapsulants/loctite\\_eccobonduf3800.html](https://www.henkel-adhesives.com/sg/en/product/encapsulants/loctite_eccobonduf3800.html) adresinden alınmıştır.
- Instructables web (2019). 6 Eylül 2019'da, <https://www.instructables.com/id/Simple-BGA-Reballing/> adresinden alınmıştır.
- Intel (2007). 16 Eylül 2019'da Intel Packaging Databook, 9-Board Reflow process Recommendations, Revised 2007. <https://www.intel.com/content/www/us/en/processors/packaging-chapter-09-databook.html> adresinden alınmıştır.
- Intel Guide (2016). SMT Board Assembly Process Recommendations, Intel Manufacturing Enabling Guide March 2016, <https://www.intel.com/content/dam/www/public/us/en/documents/guides/ch2-smt-board-assembly-process-recommendations-guide.pdf>

---

Johnson, R. W., Strickland M. ve Gerke D., (2005), 3-D Packaging: A Technology Review, June 23, 19 Eylül 2019'da [https://nepp.nasa.gov/files/16285/05\\_037a%20Johnson%203D%20Packaging%20Report%20071805.pdf](https://nepp.nasa.gov/files/16285/05_037a%20Johnson%203D%20Packaging%20Report%20071805.pdf) adresinden alınmıştır.





### Yayın İlkeleri

Savunma Bilimleri Dergisine gönderilen makalelerin; daha önce yurt içi ve yurt dışında herhangi bir yerde yayımlanmamış ve ilgili alan literatürüne katkı sağlayacak derecede özgün olması gereklidir. Bilimsel toplantılarda (kongre, sempozyum, seminer vb.) sunulmuş bir bildiriye dayanan aday makale, ilgili bildiri kitapçığında yayımlanmamış olması ve bu durumun belirtilmesi koşuluyla kabul edilebilir. Yayımlanmak üzere SBD'ne gönderilecek makalelerin *alpdergi@kho.edu.tr* e-posta adresi ile Alparslan Savunma Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğüne gönderilmesi gerekmektedir.

Dergiye gönderilen makaleler, aşağıda belirtilen şekil şartlarını taşıması ve konu/alan açısından Dergi Yayın Kurulunun uygun bulması halinde konunun uzmanı hakemlere (iki hakeme), yazara ait bilgiler gizlenerek gönderilir. Hakem değerlendirmelerinin ikisi de olumlu sonuçlanırsa yayına kabul edilir. Birinin olumlu, diğerinin olumsuz olması halinde ise, makale üçüncü bir hakeme gönderilir. Dergi editörlerinin veya hakemlerinin aday makale metninde biçim, yöntem ya da içerik açısından değişiklik/düzeltilme yapılması talebi halinde, bu durum yazara bildirilir ve en geç 15 gün içerisinde yeniden düzelterek teslim etmesi istenir. Düzeltilmiş metin, hakemin gerekli gördüğü durumlarda tekrar incelenebilir. SBD'ne gönderilen makaleler, iki alan uzmanının "yayımlanabilir" onayından sonra Yayın Kurulu'nun son kararı ile yayımlanır. Dergiye gönderilen makaleler, yayımlansın veya yayımlanmasın iade edilmez.

SBD'nde yayımlanan makalelerdeki görüşler, yazarlarının şahsi görüşleri olup, hiçbir kurum ve kuruluş ile Milli Savunma Üniversitesi ve Alparslan Savunma Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğü'nün resmi görüşü niteliğini taşımaz. Çalışmanın içinde olabilecek hatalı, eksik atıflardan veya çarpıtmalardan yazar sorumludur. Yayımlanan her araştırmaya ait verilerin 5 yıl süre ile yazar tarafından saklanması zorunludur. Dergiye gönderilen yazılara telif hakkı ödenmez.

### Metin Şekil Esasları

1. SBD'ne gönderilen yayınlar Türkçe veya İngilizce olarak hazırlanabilir. Türkçe makalelerin yazım ve noktalamasında ve kısaltmalarda TDK İmlâ Kılavuzunun en son baskısı esas alınır. Gönderilen yazılar dil ve anlatım açısından bilimsel ölçülere uygun, açık ve anlaşılır olmalıdır.
2. Dergiye gönderilen çalışmalar, mühendislik alanında yazılmış ise 2.500-6.000, sosyal bilimler alanında yazılmış ise 5.000-12.000 kelime alt-üst sınırları arasında olacak şekilde hazırlanmalıdır.

3. Makalelerin Türkçe başlık ve metni arasında Türkçe hazırlanmış azami 150-250 kelimelik öz ile anahtar kelimeler (3 ile 7 arasında) yer almalı, ardından İngilizce başlık, öz ve anahtar kelimelere yer verilmelidir. Her iki öz de, Times New Roman 11 punto 1,2 satır aralığında ve İtalik olarak yazılmalıdır. Ayrıca, makalenin sonunda 750 kelimeyi geçmeyecek şekilde bilimsel yazım kurallarına uygun Genişletilmiş Özete (Extended Summary) yer verilecektir. Giriş, ana konu başlıkları ve sonuç olarak yapılandırılacak Genişletilmiş Özet, Türkçe makaleler için İngilizce, İngilizce makaleler için Türkçe olarak hazırlanacaktır.
4. Yazarların adı, makale başlığının altına yan yana yazılmalı; yazarın unvanı, bağlı olduğu kurum/kuruluş adı ve elektronik posta adresi dipnotta (\*) işareti ile 10 punto olarak belirtilmelidir.
5. Metinler Times New Roman 11 puntoda ve 1,2 satır aralığında yazılmalı, hizalama iki yana yaslı olmalıdır. Kenar boşlukları sağ:4 cm, sol:4 cm, alt:5,5 cm, üst:5,5 cm, kâğıt ölçüsü A4 olacak şekilde hazırlanmalıdır.
6. İlk sayfadan sonra, çift numaralı sayfalara yazar adı, tek numaralı sayfalara makale adı 10 punto karakterinde üst bilgi olarak eklenmelidir.
7. Her tablo ve şekil için sıra numarası verilmeli (**Tablo 1**, **Şekil 2** gibi); tabloların başlığı üstte, şekillerin başlığı ise altta yer almalı, başlıklar ortalanmış ve ilk harfleri büyük, 11 puntoda yazılmalıdır. İstatistikler için virgülden sonra üç haneden fazlası yazılmamalıdır. Denklemlere sıra numarası verilmelidir. Sıra numarası ayrıç içinde ve sayfanın sağ tarafında yer almalıdır.
8. Yazılarda dipnotlara yer vermekten kaçınılmalı ve burada söylenecekler metin içinde ifade edilmelidir. Zorunlu olarak verilecek dipnotlar ise numaralandırılarak sayfa sonunda veya sonnot olarak metin sonunda kaynakçadan önce verilmelidir.
9. Teknik terimler tırnak içinde yazılmalı veya açıklanmalıdır. Kavramlar için kısaltma kullanımından kaçınılmalıdır.
10. SBD'nde beş seviye başlık kullanılmaktadır. Zorunlu olmadıkça beş seviyenin dışına çıkılmamalıdır. Giriş ve sonuç bölümlerine numara verilmemelidir.

## 1. Birinci Seviye

### a. İkinci Seviye

#### (1) Üçüncü Seviye

#### (a) Dördüncü Seviye

#### (I) Beşinci Seviye

11. Test edilen her hipotez ayrı ayrı ifade edilmelidir. Her hipoteze ayrı numara verilmelidir (Hipotez 1 veya Hipotez 1a, 1b gibi). Hipotezler bir boşluk içeriden ve italik olarak yazılmalıdır. Örneğin:

*Hipotez 1: Kamu örgütlerinde çalışan yöneticilerin özel kuruluşlarda çalışanlara göre güç mesafesi daha yüksektir.*

12. Atıflar yazar soyadları esas alınarak alfabetik sıraya göre düzenlenmelidir. Aynı yazar veya yazarların farklı çalışmalarında, çalışma tarihi daha eski olan önce yazılmalıdır. Aynı yazarın veya yazarların aynı tarihlerdeki çalışmalarında “a”, “b” şeklinde harfler çalışmanın yapıldığı yılın yanına yazılmalıdır. Temel olarak atıf yapılan her çalışmanın referansı aşağıdaki örneğe uygun olarak verilir.

İsim ve yıl: Örgütsel nitelikteki öncüller, örgütsel adalet algısı (Brewer ve Kramer, 1986; Cremer, 2005a, 2005b; Lipponen, 2001, 2006) gibi faktörlerden...

Sadece yıl: Mael ve Ashforth (1992) tarafından geliştirilen...

Üç, dört ve beş yazarı olan çalışmalarda ilk atıfta tüm yazarların isimleri verilmeli, müteakip atıflarda “vd.” şeklinde kısaltılarak verilmelidir. Beşten fazla yazar varsa ilk yazarın soyadından sonra “vd.” şeklinde ifade edilebilir.

13. Bir yazarın düşüncelerinin yeniden ifade edilmesi zorsa veya anlamını yitirecekse 40 kelimedenden daha fazla olmayan atıflarda kaynaktan alınan ifade tırnak işareti içinde belirtilerek yazılmalı ve o ifadenin bulunduğu sayfanın numarası belirtilmelidir. Örneğin: (Öztürk, 2003: 147). Eğer 40 kelimedenden daha fazla atıf yapılması gerekiyorsa alıntı yapılan kısım, iki sekme içeriden, tırnak içinde yazılmalı, en sonuna alıntı yapıldığı yerdeki paragraf (para. 15) veya sayfa numarası (s. 25) belirtilmelidir.

14. Yazar ismi belirtilmemiş bir çalışmaya atıf yapılması gerekiyorsa ve bu çalışma sürelî bir yayındaysa yayının ismi yazar olarak belirtilebilir. Örneğin; (Wall Street Journal, 2009), (Ticaret Bakanlığı, 1999). Aynı parantez içinde birden fazla çalışmaya atıf yapılacaksa çalışmalar alfabetik sıraya göre ve aralarına noktalı virgül konularak yazılmalıdır. Örneğin: (Abrams, 2000; Sullivan ve Hellman, 1999). İkincil kaynaklar, (Blau, 1964’ten akt. Tamer, 2003). Tamer’in (2003), Blau’dan (1964) aktardığına göre... şeklinde ifade edilerek ikincil kaynaklardan atıf yapıldığı belirtilmelidir.

15. Elektronik kaynaklara atıf yaparken genel atıf kuralları geçerlidir (Yazar soyadı, yıl). Eğer bu bilgi mevcut değilse, kaynağa ulaşılan web adresi parantez içinde verilmelidir. Yani yazarı belli olmayan bir elektronik kaynağa atıf yapmak gerektiğinde web sitesi parantez içinde verilmelidir. Şayet profesyonel bir web sitesine, veri tabanına veya bir projenin web sitesine atıf yapmak gerekiyorsa, elektronik adres parantez içinde verilmeli, kaynakçada da aşağıda ilgili bölümde verilen örnekte görüldüğü gibi belirtilmelidir. Örneğin: UNICEF web sitesi dünya çapında çocukların iyiliği için çalışan çeşitli yararlı kaynaklara bağlantılar sunmaktadır (<http://www.unicef.org>).

16. Teşekkür notu: Eğer mali destek veya diğer yardımları için teşekkür etmek istediğiniz kişi veya kurumlar varsa, çalışmanın sonuna bir not ekleyerek teşekkürlerinizi iletebilirsiniz.

17. Kaynakça 11 punto olarak düzenlenecektir. Yazım kurallarıyla ilgili örnekler aşağıdadır.

### **Kitaplar**

Brannick, M.T., Levine, E.L. ve Morgeson, F.P. (2007). *Job and work analysis*. London: Sage.

Bloch S. ve Whiteley P. (2010). *Düz bir dünyada yöneticilik*. (Çev. Ü. Şensoy), İstanbul: İş Bankası Yayınları.

### **Makaleler**

Levine, E.L., Ash, R.A. ve Bennett, N. (1980). Exploratory comparative study of four job analysis methods. *Journal of Applied Psychology*, 3(1), 524-535.

### **Yayımlanmamış Çalışmalar**

Dağ, İ. (1990). *Kontrol odağı, stresle başa çıkma stratejileri ve psikolojik belirti gösterme ilişkileri*. (Yayımlanmamış Doktora Tezi). Hacettepe Üniversitesi, Ankara.

Welch, K.E. (Baskıda). Technical communication and physical location: Topoi and architecture in computer classrooms. *Technical Communication Quarterly*, 14(3).

### **E-kitaplar**

Shotton, M.A. (1989). *Computer addiction? A study of computer dependency*. <http://www.ebookstore.tandf.co.uk/html/index> adresinden alınmıştır.

### **Yazarı Belli Olmayan Web Sitesi Makalesi**

New child vaccine gets funding boost. (2001). 21 Şubat 2011'de [http://news.ninensn.com.au/health/story\\_13178.asp](http://news.ninensn.com.au/health/story_13178.asp) adresinden alınmıştır.

18. Ekler yazının sonunda verilecek ve altında belgenin içeriği ve kaynağına dair kısa bilgi yer alacaktır. Ekler başlıklandırılırken; “EK-A”, “ EK-B” şeklinde sıralanmalı ve ek içinde “Başlıklar” bölümünde ifade edilen başlıklandırma kurallarına uyulmalıdır. Ek içindeki tablolar “Tablo A1, B1” şeklinde sıralanarak isimlendirilmelidir.

### **Publication Principles**

The articles sent to the Journal of Defense Sciences are required not to have been published anywhere in the country and abroad and to be original in such a way that contribute to the related literature. The submitted articles that were presented in scientific meetings such as congress, symposium, seminar etc. can be accepted if they have not been published in the related proceedings document and this is explicitly stated by the article author(s). The articles which will be sent to the Journal of Defence Sciences for publishing are required to be sent to Directorate of Alparslan Defence Sciences Institute via *alpdergi@kho.edu.tr*.

The Articles submitted to the Journal are forwarded to the referees (two referees) of the particular scientific are by hiding the identity of the author in the event that the articles meet the formatting requirement mentioned below and the publication board finds it appropriate for the subject. If the evaluation of both referees turn out to be positive, the article is accepted for publication. In case one of the evaluation is positive and the other one is negative, the article is forwarded to a third referee. In the event that the editors or referees of the Journal request a change/correction in the text of candidate's article in terms of format, method or content, this situation is reported to the author and he/she is asked to amend the text again and deliver it in 15 days at the latest. The emended text can be reviewed again in case the referee deems it necessary. The articles submitted to the Journal of Defense Science are published with a final decision of the Publication Board after two referees give approval as "publishable". The articles submitted to the Journal are not given back in case of publication or non-publication.

The views expressed in the articles published in the Journal of Defense Sciences are of the personal views of the authors and do not constitute the official opinion of National Defense University and Directorate of Alparslan Defense Sciences Institute with any other institute and organizations. The writer is responsible for any faulty, missing references or distortions that may arise in the work. It is compulsory for the author to keep the reference data for every research for 5 years which was published. There is no copyright payment for the article sent to the Journal.

### **Text Formatting**

1. Articles sent to the Journal can be prepared either in Turkish or in English. The spelling and the punctuation of Turkish articles and the abbreviations in them should be in accordance with the most recent edition of Turkish Language Association Spelling Book.

The articles should be clear and understandable in terms of language and expression in accordance with scientific measures.

2. The articles sent to the Journal should be in the range of 2500-6000 words for the articles written in the engineering field and 5000-12000 words for the articles written in the social sciences.

3. The articles should include a maximum of 150-250 words of Turkish abstract and key words (3 to 7 words) and also English title, abstract and key words. Both of these Abstracts should be in Times New Roman 11 font, one and a half spaced and in italics. In addition, there will be an Extended Summary at the end of the article in accordance with the scientific writing rules not to exceed 750 words. The Extended Summary which will consist of Introduction, Main Titles and a Conclusion sections will be prepared in English for articles in Turkish, and in Turkish for articles in English.

4. The names of the authors should be written side by side under the title of the article; the title of the author, the name of the institution/organization to which he/she is affiliated and the e-mail address should be indicated in footnote (\*) with 9 point.

5. The articles should be written in Times New Roman 11pt, one and a half spaced, and justified. Page numbers should be stated on the bottom and page margins should be 4 cm to the right, 4 cm to the left, 5,5 cm to the bottom and 5,5 cm to the top. The paper type should be A4.

6. After the first page, name of the author should be given to the even pages, name of the article should be given to the odd pages in 10pt as header.

7. Page number should be given to every page (Table 1, Figure 2 etc. );The title of the tables should be above and the title of the figures should be below. These titles should be centered and the first letter should be uppercased in 10pt. For the statistics, no more than three letters should be written after the comma. Equations should be numbered. Page number should be in brackets and located at the right side of the sheet.

8. Using endnotes in the articles should be avoided and things that will be stated in this part should be given in the text. If it is compulsory to use endnotes, those should be stated at the end of the pages after numbered or stated at the end of the text but before the reference as endnote.

9. Technical terms should be in quotation marks or explained. Using abbreviations should be avoided for the terms.

10. Five level titles should be used in Journal of Defence Sciences. If it is not compulsory, these levels should not be exceeded. Introduction and conclusion parts should not be numbered.

**1. First Level**

## a. Second Level

## (1) Third Level

## (a) Fourth Level

## (I) Fifth Level

11. Each tested hypothesis should be expressed and numbered separately (Hypothesis 1 and Hypothesis 1a, 1b etc.). Hypothesis should be indented and in italics. For instance;

*Hypothesis 1: The managers working on public organizations have higher power distance than the managers working on private institutions.*

12. Citation should be arranged alphabetically according to the last names of the authors. In different studies of the same author or authors, study dating back to an older date must be stated before. The same studies of the same author or authors should include ‘a’, ‘b’ next to the year of the study. Basically, each reference of studies which is referred, should be given as in the example below.

Name and year: Organizational Premises, Organizational Justice Perception (Brewer and Kramer, 1986; Cremer, 2005a, 2005b; Lipponen, 2001, 2006)

Only year: Mael and Ashforth (1992)

In studies with multiple authors, the first citation should include the names of all authors. Following citations should be abbreviated by using ‘et al.’ If there are more than five authors, it can be stated as ‘et al.’ after the last name of the first author.

13. If paraphrasing is difficult or causing vagueness, it is difficult to re-express the thoughts of an author or becomes meaningless, the expression taken from the source in the reference which is no more than 40 words should be written in quotation marks and the page number of the expression should be stated. For example: (Ozturk, 2003: 147). If the reference is required to be more than 40 words, quoted text should be in quotation marks, two times indented and paragraph (para. 15) or page (p.25) should be stated at the end.

14. If a page with no author name is required to be cited and if this is in a periodical publication, the publication name can be specified as the author. For example (Wall Street Journal of Trade, 2009), (The Ministry of Trade,1999). To state multiple sources in the same parentheses, they should be in alphabetical order, and each should be separated by a semi colon. For example: (Abrahams, 2000; Sullivan and Hellman, 1999). Secondary sources should be stated as (Blau, from Tamer in 1963, 2003), according to Tamer(2003) referencing Blau(1964).

15. When referring to electronic sources, general reference rules are valid (last name, year.). If this information is not reachable, the link of the source should be stated in parentheses. In short, when it is required to refer an electronic source of which author is

unknown, the website of the source should be given in parentheses. If it is required to refer a professional website, data base or the website of a project the electronic address should be given in parantheses and it should also be stated in the references as shown in the below. For example; the website of UNICEF enables connections to various useful sources endeavoring for welfare of the children worldwide.

16. Acknowledgements: If there is any person or any institutions that you would like to thank for financial or any other types of support, you can express you sincere thanks by adding a note at the end of the study.

17. The references should be in 11 font size. Some examples of writing rules are givenbelow:

### **Books**

Brannick, M.T., Levine, E.L. ve Morgeson, F.P. (2007). *Job and work analysis*. London: Sage.

Bloch S. ve Whiteley P. (2010). *Düz bir dünyada yöneticilik*. (Çev. Ü. Şensoy), İstanbul: İş Bankası Yayınları.

### **Article**

Levine, E.L., Ash, R.A. ve Bennett, N. (1980). Exploratory comparative study of four job analysis methods. *Journal of Applied Psychology*, 3(1), 524-535.

### **Unpublished Works**

Dağ, İ. (1990). *Kontrol odağı, stresle başa çıkma stratejileri ve psikolojik belirti gösterme ilişkileri*. (Yayımlanmamış Doktora Tezi). Hacettepe Üniversitesi, Ankara.

Welch, K.E. (Baskıda). Technical communication and physical location: Topoi and architecture in computer classrooms. *Technical Communication Quarterly*,14(3).

### **E-books**

Shotton, M.A. (1989). *Computer addiction? A study of computer dependency*.  
<http://www.ebookstore.tandf.co.uk/html/index>. This Article was taken from this Website.



**Web Page Article with no Author**

New child vaccine gets funding boost. (2001). 21 Şubat 2011'de [http://news.ninemsn.com.au/health/story\\_13178.asp](http://news.ninemsn.com.au/health/story_13178.asp). . This Article was taken from this Website..

18. The attachments will be given at the end of the article and contain brief information about the contents and source of the document underneath. Atrachments should be arranged as "APPENDIX-A", "APPENDIX-B" while being titled, and the heading rules stated in the "Headings" section of the appendix must be followed. The tables in the Appendix should be named as "Table A1, B1".



*Yazışma Adresi / Correspondence*

*Alparslan Savunma Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğü*

*Kara Harp Okulu Yerleşkesi 06654 Bakanlıklar /ANKARA*

*Telefon / Phone : +90 312 417 51 90/4603*

*E-Posta / E-Mail : alpdergi@kho.edu.tr*

*Web : [http://www.kho.edu.tr/akademik/enstitu/alp\\_SAVBEN\\_dergi\\_anasayfa.html](http://www.kho.edu.tr/akademik/enstitu/alp_SAVBEN_dergi_anasayfa.html)*

