



# MÜHENDİSLİK ALANINDA ARAŞTIRMA VE DEĞERLENDİRMELER



|                       |                                                                                                                 |
|-----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Kitap Adı             | : Mühendislik Alanında Araştırma ve Değerlendirmeler                                                            |
| İmtiyaz Sahibi        | : Gece Kitaplığı                                                                                                |
| Genel Yayın Yönetmeni | : Doç. Dr. Atilla ATİK                                                                                          |
| Kapak&İç Tasarım      | : Melek ZORLUSOY                                                                                                |
| Sosyal Medya          | : Arzu ÇUHACIOĞLU                                                                                               |
| Yayına Hazırlama      | : Gece Akademisi  Dizgi Birimi |
| Yayıncı Sertifika No  | : 15476                                                                                                         |
| Matbaa Sertifika No   | : 34559                                                                                                         |
| ISBN                  | : 978-605-7631-33-6                                                                                             |

### *Editör (ler)*

Doç. Dr. Gülden BAŞYİĞİT KILIÇ  
Dr. Öğr. Üyesi Ahmet ÇİFÇİ  
Dr. Öğr. Üyesi Altan YILMAZ

The right to publish this book belongs to Gece Kitaplığı. Citation can not be shown without the source, reproduced in any way without permission. Gece Akademisi is a subsidiary of Gece Kitaplığı.

Bu kitabın yayın hakkı Gece Kitaplığı'na aittir. Kaynak gösterilmeden alıntı yapılamaz, izin almadan hiçbir yolla çoğaltılamaz. Gece Akademisi, Gece Kitaplığı'nın yan kuruluşudur.

**Birinci Basım/First Edition** ©Mart 2019/Ankara/TURKEY ©copyright



#### **Gece Publishing**

**ABD Adres/ USA Address:** 387 Park Avenue South, 5th Floor, New York, 10016, USA

**Telefon/Phone:** +1 347 355 10 70

#### **Gece Akademisi**

**Türkiye Adres/Turkey Address:** Kocatepe Mah. Mithatpaşa Cad. 44/C Çankaya, Ankara, TR

**Telefon/Phone:** +90 312 431 34 84 - +90 555 888 24 26

**web:** [www.gecekitapligi.com](http://www.gecekitapligi.com) — [www.gecekitap.com](http://www.gecekitap.com)

**e-mail:** [geceakademi@gmail.com](mailto:geceakademi@gmail.com)

# İÇİNDEKİLER

|                   |                                                                                                                                                                      |     |
|-------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>CHAPTER 1:</b> | Binary Search Alternatifi Algoritma Geliştirme Üzerine Bir Araştırma<br>GÜRCAN UZAL, ABDÜSSAMET MARŞOĞLU .....                                                       | 5   |
| <b>CHAPTER 2:</b> | Gıda Olarak Tüketilen Deniz Ürünlerindeki Polisiklik Aromatik<br>Hidrokarbonların (PAH) İnsan Sağlığı Üzerine Potansiyel Etkileri<br>ESRA BİLLUR BALCIOĞLU .....     | 19  |
| <b>CHAPTER 3:</b> | Şırnak ve Cizre Yörel Yerleşim Alanlarındaki Heyelanların Jeoteknik Analizi,<br>Olası Heyelan Tehlike Değerlendirmesi ve Haritalaması<br>YILDIRIM İSMAİL TOSUN ..... | 35  |
| <b>CHAPTER 4:</b> | Güneydoğu Anadolu Yapı Taşlarının Dayanım ve Sünme Karakterizasyonu -<br>Gözenekli Agregalı Beton için Darbe Dayanım ve Sünme Etüdü<br>YILDIRIM İSMAİL TOSUN .....   | 51  |
| <b>CHAPTER 5:</b> | Öğrencilerin Seçmeli Ders Seçimi Problemine Çok Kriterli Karar Verme<br>Yaklaşımı<br>PINAR MİÇ, Z. FİGEN ANTMEN, MELEK ÖZGE ERDURAK.....                             | 65  |
| <b>CHAPTER 6:</b> | Tekerlek İçi Fırçasız Doğru Akım Motorlarının Isıl Devre Modeli ile Sıcaklık<br>Etkilerinin İncelenmesi<br>ALİ SİNAN ÇABUK .....                                     | 75  |
| <b>CHAPTER 7:</b> | Örgü Tipinin Dokuma Kumaş Özelliklerine Etkisi<br>ARZU YAVAŞCAOĞLU.....                                                                                              | 87  |
| <b>CHAPTER 8:</b> | Saraciye Ürünlerinde Kullanılan Deri Türleri ve Süsleme Teknikleri<br>SELİME MENTEŞ ÇOLAK, DENİZ GÜRLER KARAMAN .....                                                | 99  |
| <b>CHAPTER 9:</b> | Bitlis Yöresine Ait Polen ve Propolislerin Bazı Patojen Bakteriler Üzerindeki<br>Antimikrobiyal Aktiviteleri<br>YUSUF DAYAN, SEDA OÇUR.....                          | 117 |

**CHAPTER 10:** Bulanık Topsis Metodu Kullanarak Gemiler için Zabit Seçimi  
ERCAN YÜKSEKYILDIZ ..... **135**



# Binary Search Alternatifi Algoritma Geliştirme Üzerine Bir Araştırma<sup>1</sup>

Gürcan UZAL<sup>2</sup>

Abdüssamet MARŞOĞLU<sup>3</sup>

## CHAPTER 1

<sup>1</sup> Bu çalışma ilk yazarın doktora tezinden üretilmiştir.

<sup>2</sup> Dr. Öğr. Üyesi, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Elektronik ve Otomasyon Bölümü

<sup>3</sup> Emekli Prof. Dr., Yıldız Teknik Üniversitesi, Kimya-Metalurji Fakültesi, Matematik Mühendisliği Bölümü



## GİRİŞ

Günümüzde bilgisayar ve iletişim teknolojileri hızla gelişmekte ve yazılımlar ise büyük miktarda verilerle çalışmaktadır. Bu nedenle yazılımın kullandığı veri yapısı büyük bir önem taşımaktadır. Verinin silinmesi, eklenmesi veya veriler üzerindeki arama, sıralama işlemleri ne kadar kısa sürede yapılırsa, yazılım da o kadar etkin çalışır (Ateş & Yumuşak 2003: 125). Verinin büyüklüğü, miktarı ve karmaşıklığı gibi etkenlere bağlı olarak farklı veri modelleme, veri depolama ve sorgulama yöntemleri geliştirilmiştir (Öztürk & Atmaca 2017: 200).

Bilgi işlemde en önemli konulardan biri, bilgilerin belli bir düzende saklanması ve bu saklanan bilgilere hızlı bir biçimde ulaşılabilmesidir. Bilgilerin saklanma ve aranması probleminin çözümü için çeşitli yöntemler geliştirilmiştir.

Bilgilerin saklanma şekli (sıralanmış ve sıralanmamış olması) arama sırasında önemli olmaktadır.

Önceden depolanmış büyük miktardaki bilgiden, bilgi parçacıkları veya bazı özel kısımları geri alma işlemine arama denir. Normalde bilgi, aramada kullanılan bir anahtara sahip olan her bir kayıt için içinde bölünmüş olarak düşünülür. Aramanın hedefi verilen arama anahtarına uyum sağlayan, anahtarlı bütün kayıtları bulmaktır. Aramanın amacı genellikle işleme için kayıt (sadece anahtar değil) içindeki bilgiye erişmektir.

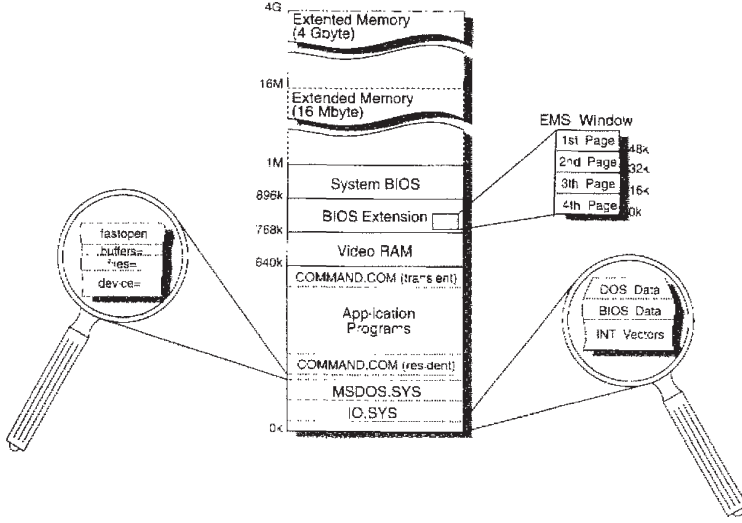
Aramanın uygulamaları yaygındır ve farklı işlemlerin bir türünü içerir. Örneğin bir banka bütün müşteri hesaplarını izlemeye ve onlarla ilgili çok çeşitli işlemleri kontrol etmek için kayıt ve raporlar arasından müşteriye ait bilgileri aramaya ihtiyaç duyar. Havayolu rezervasyon sistemi de benzer isteklere sahiptir, fakat verinin çoğu oldukça kısa ömürlüdür.

Günümüzde yardımcı bellekler üzerine her geçen gün daha büyük miktarda bilgi depolamak mümkündür. Bu kadar büyük miktarda depolanmış bilgi içerisinde, istenilen bilgi parçacıklarına veya bazı özel kısımlarına çok kısa bir sürede erişilmesi ve geri alınması son derece önemlidir.

## PC'LER İÇİN 64 K'LIK SRAM BELLEK KARTI

### Devre

DOS bellek organizasyonu incelendiğinde, birinci 640K uygulama programları ve işletim sistemi için ayrılmıştır. Birinci 640K'nın üstünde video RAM vardır ve 768K'dan başlayan çeşitli BIOS uzantıları izler. 1M'den itibaren uzatılmış bellek başlar, i386, i486 veya Pentium da 4G kadar olabilir.



**Şekil 1.** DOS Bellek Organizasyonu (Messmer, 1995, p.36)

Video RAM ve genişletilmiş bellek belirtimi (EMS= Expanded Memory Specification) penceresi dışındaki adreslere sadece okuma işlemi için erişilebilir. Bellek kartımız için EMS penceresi içinde bulunan D0000-DFFFF adres bölgesini kullanarak, bellek kartına istediğimiz bilgileri yükleyebiliriz ve gerektiğinde bu bilgileri buradan alabiliriz (Messmer 1995: 36).

#### Çalışma Prensipleri

Mikroişlemci Giriş/Çıkış arabirimlerinin iki farklı metodu vardır:

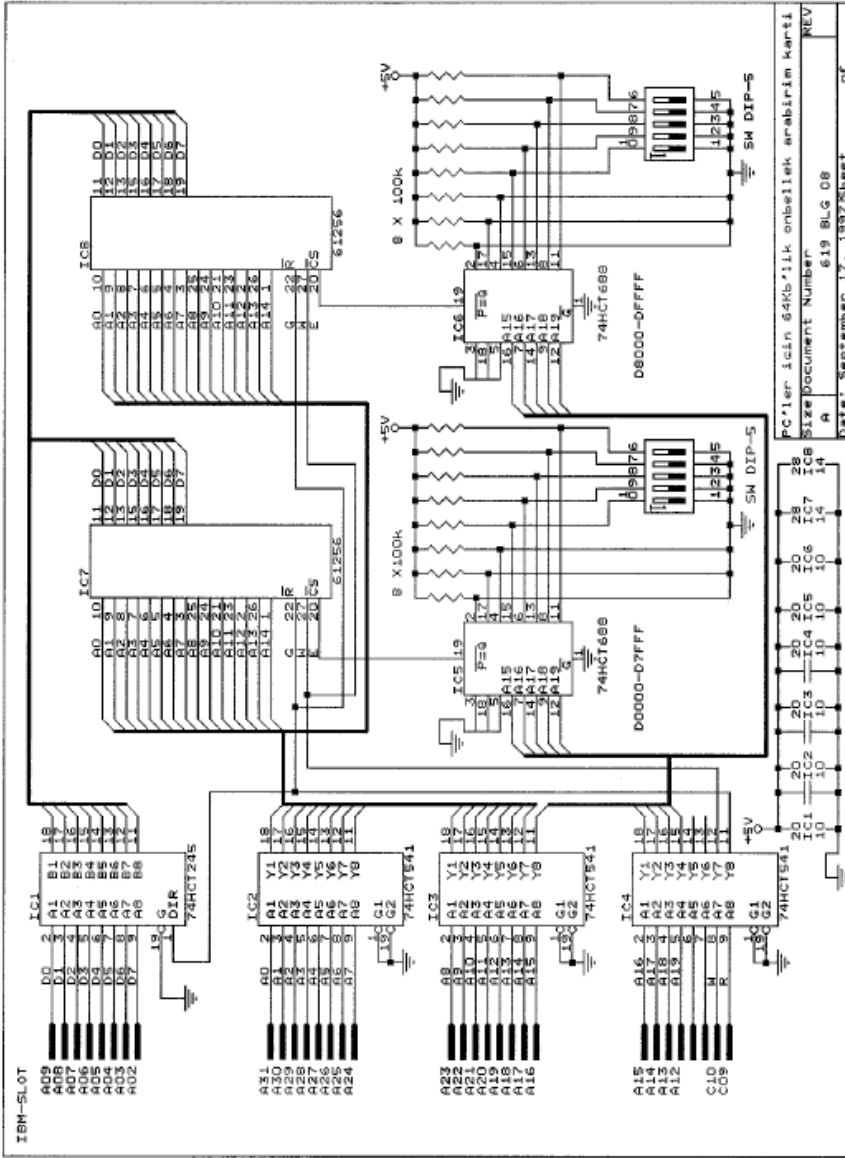
- Yalıtılmış Giriş/Çıkış (Isolated I/O)
- Bellek-Haritalı Giriş/Çıkış (Memory-mapped I/O)

Yalıtılmış Giriş/Çıkış'da IN, INS, OUT ve OUTS komutları mikroişlemci akümülatör veya bellek ve Giriş/Çıkış aygıtları arasında veri transferi yapar.

Bellek-Haritalı Giriş/Çıkış'da ise IN, INS ve OUTS komutları kullanılmaz. Mikroişlemci ve bellek arasında veri transferi yapan herhangi bir komut kullanılır.

Kartımızın Giriş/Çıkış portu tasarımında ikinci metottan yararlanılmıştır. Çünkü bir bellek haritalı Giriş/Çıkış portunun, mikroişlemci açısından RAM belleğindeki bir yerden hiç bir farkı yoktur. Bellek-haritalı bir porttan dışarı veri yazılacağı zaman, mikroişlemci sadece port adresine sanki bir RAM yeri adresi gibi veriyi yazar (gönderir). Bellek-Haritalı bir porttan bilgi içeriği alınacağı zaman, işlemci bir RAM yerinden veri okuyormuş gibi port adresinden veriyi okur.

ISA (Industry Standart Architecture) taşıt yuvasına göre tasarlanan 64K'lık bellek kartına ait devre şeması Şekil. 2'de gösterilmektedir.



Şekil 2. PC'ler için 64K'lık SRAM Bellek Kartı

### Kartın Tasarımında Kullanılan Entegreler ve Görevleri

**74HCT245:** (Octal bus transceivers with 3-State outputs) üç durumlu sürücünden oluşmuş 8-bitlik çift yönlü taşıyıcı geçirci entegresi, çift yönlü veri iletimini sağlamak için kullanılmıştır. DIR (direction=yön) bacağı R (read) kontrol sinyaline bağlanmıştır.

R (Read) kontrol sinyali aktif olunca veri taşıyıcının iletim yönü bellek kartından, slota doğrudur. R (Read) kontrol sinyali aktif olmadığı zaman ise slottan bellek kartına doğru olmaktadır (Texas Instruments, 1989: 2-339).

**74HCT541:** (Octal buffers and Line drivers with 3-State outputs) üç durumlu hat sürücü ve 8 bit'lik tampon entegresi, tek yönlü adres iletimini sağlamak ve adres taşıtını tamponlamak için kullanılmıştır (Texas Instruments, 1989: 2-477).

**74HTC688:** (8 bit Identity comparators) 8 bitlik benzerlik karşılaştırıcı entegresi, adres kod çözümünde kullanılmıştır. Dipswitch'le belirlenen adres ile adres taşıtından gelen adres karşılaştırılır. Adresler birbirinin aynı ise entegrenin  $P=Q$  bacağı aktif hale getirilir. Bu bacadan alınan sinyal de SRAM'ı aktif hale getirmek için kullanılmaktadır (Texas Instruments, 1989: 2-597).

**61256 FK-15:** 32 K-8 bitlik ve 15 ns'lik ön bellek (SRAM).

### Adres Kodunun Çözümü

| Adres kod çözümünde kullanılıyor |     |     |     |     | SRAM'lerin Adreslemesi İçin Kullanılıyor |     |     |     |     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |
|----------------------------------|-----|-----|-----|-----|------------------------------------------|-----|-----|-----|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|--|
| A19                              | A18 | A17 | A16 | A15 | A14                                      | A13 | A12 | A11 | A10 | A9 | A8 | A7 | A6 | A5 | A4 | A3 | A2 | A1 | A0 |  |
| 1                                | 1   | 0   | 1   | 0   | 0                                        | 0   | 0   | 0   | 0   | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |  |
|                                  | D   |     |     |     | 0                                        |     |     |     | 0   |    |    |    | 0  |    |    |    | 0  |    |    |  |
| 1                                | 1   | 0   | 1   | 0   | 1                                        | 1   | 1   | 1   | 1   | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  |  |
|                                  | D   |     |     |     | 7                                        |     |     |     | F   |    |    |    | F  |    |    |    | F  |    |    |  |
| 1                                | 1   | 0   | 1   | 1   | 0                                        | 0   | 0   | 0   | 0   | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |  |
|                                  | D   |     |     |     | 8                                        |     |     |     | 0   |    |    |    | 0  |    |    |    | 0  |    |    |  |
| 1                                | 1   | 0   | 1   | 1   | 1                                        | 1   | 1   | 1   | 1   | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  |  |
|                                  | D   |     |     |     | F                                        |     |     |     | F   |    |    |    | F  |    |    |    | F  |    |    |  |

**Tablo 1.** SRAM'lerin PC'nin Bellek Haritasındaki Yerleşim Adresleri

A0-A14'e kadar olan adres taşıtı SRAMları adreslemek için kullanılmıştır.

A15-A19'a kadar olan adres taşıtı ise SRAMların seçilmesi için adres kod çözümünde kullanılmıştır.

74HCT688 entegresi A19-A15 adres hatları ile dipswitch'le belirlenen adresleri karşılaştırır. Dipswitch'le belirlenen adresle, adres taşıtından gelen adresler birbirine eşitse, adres kullanıcı tarafından belirlenen SRAM aktif hale getirilir.

## SRAM BELLEK KARTINA YÜKLENECEK ANAHTAR DOSYA ADRESLERİNİN BELİRLENMESİ

Bu başlık altında, birinci harflerin yanına ikinci harflerin başlangıç adreslerinin, ikinci harflerin yanına da anahtar dosyadaki anahtar kelimenin ilk iki harfe göre belirlenen bellek bölgelerinin başlangıç adreslerinin nasıl hesaplandığı açıklanmaktadır.

### Birinci Harflerin Yanına Yazılacak İkinci Harflerin Başlangıç Adreslerinin Belirlenmesi

Bellek kartına D000:0000 adresinden itibaren, bir harf (1 bayt) ve ikinci harflerin başlangıç adresleri (2 bayt) olmak üzere toplam üç bayt'lık bir bilgi, her harf için yüklenir. Alfabe 29 harf bulunduğu ve her harf için de 3 bayt kullanıldığından, toplam olarak SRAM bellek kartında ( $29 \times 3 = 87 = 57h$ ) 87 bayt'lık bir yer kaplar. Bu yüzden 0057 offset adresine kadar olan yer, birinci harfler ve ikinci harflerin başlangıç adresleri için kullanılmıştır.

İkinci harflerin başlangıç adresi 0057h'dir. Bu offset adresinden itibaren 1 bayt harf, 4 bayt anahtar dosyasındaki bölge başlangıç adresi ve 2 bayt bölgenin uzunluğu olmak üzere toplam 7 bayt'lık bir bilgi bellek kartına yüklenmektedir. Her ikinci harf SRAM bellek kartında ( $29 \times 7 = 203 = CBh$ ) 203 bayt'lık bir yer kaplamaktadır. AA bölgesi 0057h

adresinden başlar, eğer 0057h adresini CBh ile toplarsak BA bölgesinin başlangıç adresini (0057h+CBh=122h) buluruz. BA bölgesinin başlangıç adresini yine CBh ile toplarsak, CA'nın başlangıç adresini buluruz. CBh ile toplama işlemine ZA'nın adresini (ZA=168Bh) bulana kadar devam ederiz. Hesapladığımız bu ikinci harflerin başlangıç adreslerini ilgili birinci harflerin yanına yükleriz.

### **İkinci Harflerin Yanına Yazılacak Anahtar Dosya Adreslerinin Belirlenmesi**

Bir anahtarı bir dosya içindeki adrese çevirmeye direkt (doğrudan) adresleme denir. Doğrudan adresleme, adreslemeyi en hızlı vasıtaıyla sağlar ve indeks işlemlerini veya dosya araştırmalarını gerektirmez.

Bir anahtarı adrese çevirmenin de çeşitli yöntemleri vardır. Bazı uygulamalarda adres, tarih ve havayolu uçuş sayısı veya sayı ve cadde mahalli gibi mevcut bilgilerden hesaplanabilir. Bu, uygulamaların çoğunda mümkün değildir. Fakat uygulanabildiği yerde basit ve hızlı bir yöntemdir. Bir anahtarı adrese çevirme en çok, dosya referans zamanının kritik olduğu etkileşimli sistemlerde müşterek olarak kullanılır.

Bu yöntem genellikle dosyayı tamamen dolduramama gibi dezavantaja sahiptir. Bir anahtar kelimenin içinde birçok harf vardır. Anahtar kelimenin her bir harfi için 29 değişik durum söz konusudur. Anahtar kelimenin ilk iki harfini sıra numarasına çevirmek istersek, iki harfin  $29 \times 29 = 841$  farklı durumu söz konusudur.

Birinci harfin  $28 \times 29 = 812$  farklı durumu, ikinci harfin 28 farklı durumu ve "1" ilave edildiğinde,  $812 + 28 + 1 = 841$  farklı durum vardır.

Bu nedenle anahtar dosya birbirine eşit 841 bölgeye bölünmektedir. Bu bölgelerin uzunluğunu kullanıcı istediği gibi belirleyebilir. Biz her bölgeyi 141 bayt (8Dh) uzunluğunda aldık. Ayrıca iki harften 1'den 841'e kadar kayıt numarası elde edilmektedir.

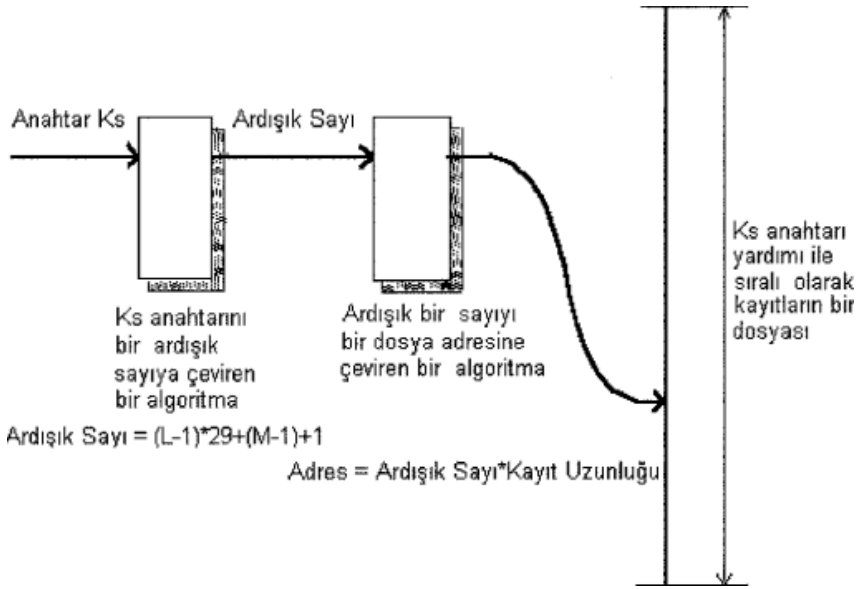
Anahtar kelimenin ilk iki harfini sıra numarasına (kayıt numarasına) çevirmek için aşağıdaki formülü kullanabiliriz.

$$\text{Sıra no} = \text{Kayıt no} = (L-1) \times 29 + (M-1) + 1$$

Burada L harfi, anahtar kelimenin birinci harfinin alfabenin kaçınıcı harfi olduğunu, M harfi anahtar kelimenin ikinci harfinin alfabenin kaçınıcı harfi olduğunu belirtmektedir. Alfabenin harflerine birer numara verilir. (A=1, B=2, C=3, Ç=4, D=5, E=6, F=7, G=8, Ğ=9, H=10, I=11, J=12, K=13, L=14, M=15, N=16, O=17, Ö=18, Ş=19, P=20, R=21, S=22, T=23, U=24, V=25, Y=26, Z=27, Z=28, Z=29).

Anahtarı doğrudan adrese çevirmek için sıra numarası ile kayıt uzunluğu çarpılır.

$$\text{Anahtar} = \text{adres} = \text{SıraNo} \times \text{Kayıt uzunluğu (bayt olarak)}$$



Şekil 3. Anahtar Kelimenin Adrese Çevrilmesi

Bir program, anahtarı ardışık bir sayıya daha sonra da bu ardışık sayıyı bir makine adresine çevirir. Doğrudan adresleme şemalarının bir dezavantajı da onların esnek olmamasıdır. Kayıtların makine adresleri dosyalar genişlediği için değişebilir veya farklı bir birime taşınır veya birleştirilir veya azaltılır.

Yapısal kararlılığa karşı durmak için doğrudan adresleme genellikle iki adımda oluşur. Birincisi anahtarı ardışık bir sayıya çevirir. İkincisi ardışık sayıyı makine adresine çevirir (Martin 1976: 111).

#### Örnek;

AA bölgesinin başlangıç adresi,

$$\text{KayıtNo} = (L-1)*29+(M-1)+1 = (1-1)*29+(1-1)+1 = 1 = 1h$$

Adres =  $1 * 141 = 141 = 8Dh$  ; Adres 008Dh olarak bulunur.

#### Örnek;

ZA bölgesinin başlangıç adresi,

$$\text{KayıtNo} = (L-1)*29+(M-1)+1 = (29-1)*29+(1-1)+1 = (28*29)+1 = 812+1 = 813$$

Adres =  $813 * 141 = 114633 = 1BFC9h$  ; Adres 1BFC9h olarak bulunur.

İlk önce belirlenen harf ve adres bilgileri assembly dili komutları ile yazılan bir program ile SRAM bellek kartına yüklenir, sonra diğer işlemler yapılır.

## ALTERNATİF ALGORİTMA

Alternatif algoritmamızın temelini, bilgisayarlarda ön bellek olarak kullanılan Statik RAM'ların yüksek erişim hızından yararlanarak, anahtar dosyadan bir defa okuma yaparak arama süresini azaltmak oluşturmaktadır.

### Anahtar ve Ana Dosyanın Oluşturulması

#### Handle Dosya Kayıt Organizasyonu



Unix/Xenix sisteminde kullanılan bu teknik, MS-DOS altında program yazarlar tarafından daha fazla tercih edilmektedir. Uygulamaların derli toplu olması, yazıcı kafanın pozisyonu için getirilen kolaylık, hiyerarşik dosya yapısını tanıması gibi özellikleri bu tercihin belli başlı sebeplerindendir.

Örneğin, C:\DOS\COMMAND.COM gibi.

Bir dosya açılacak ya da ilk kez yaratılacaksa, bahis konusu dosya adının segment adresi DS'ye, offset adresi ise DX registerine gönderilir ve INT 21H servisi çağrılır. Bu teknik kullanılırken aynı anda açık tutulabilecek dosya adedi, CONFIG.SYS içindeki FILES tanımlaması ile yapılabilir. Kullandığımız fonksiyonlar topluca aşağıda gösterilmiştir (Kılıçlı 1995: 119).

| Fonksiyon | İşlevi                       |
|-----------|------------------------------|
| 3Ch       | Dosya yaratma                |
| 3Dh       | Dosya açma                   |
| 3Eh       | Dosya kapama                 |
| 42h       | Dosya göstergesini konumlama |
| 3Fh       | Dosyadan kayıt oku           |

**Tablo 2.** Dosya İşlemleri için Kullanılan Fonksiyonlar

### Anahtar ve Ana Dosyanın Yaratılması

Dosya yaratma işlemi için klavyeden FileName bufferına maksimum 12 karakterlik bir dosya ismi alınır. Daha sonra DOS'un 3Ch fonksiyonunu kullanarak istediğimiz isimde bir dosya yaratabiliriz.

### Anahtar ve Ana Dosyaya Kayıt Yapılması

3Dh fonksiyonu ile KEY.DAT (Anahtar Dosya) ve MASTER.DAT (Ana Dosya) yazma işlemi için açılır. Bu dosyalara ait handle değerleri daha sonra dosyaların yazma işleminde kullanılmak üzere saklanır.

Kayıt yapılacak esas bilgi 100 karakter olarak klavyeden teststring buffer'ına alınır. Kayıt için 10 harfli anahtar kelime, klavyeden key buffer'ına alınır. Anahtar kelimenin ilk üç harfi karşılaştırma yapılmak ve harflere karşılık gelen sayısal değerleri tespit etmek üzere alınır. Anahtar kelimenin birinci, ikinci ve üçüncü harfine karşılık gelen sayısal değerler saptandıktan sonra, aşağıdaki formül yardımı ile MASTER.DAT dosyası için bir kayıt numarası bulunur.

$$\text{RecNo} = (K-1) * 841 + (L-1) * 29 + (M-1) + 1$$

Formülde; K=Anahtarın 1.Harfinin sayısal değeri, L= Anahtarın 2.Harfinin sayısal değeri, M= Anahtarın 3.Harfinin sayısal değeri, RecNo=Kayıt numarasıdır.

MASTER.DAT dosyası için adres;

Address=RecNo\*RecSize formülü ile bulunur.

Formülde; RecNo=Kayıt numarası, RecSize=Kayıt uzunluğu, Address=Anahtara karşılık gelen adrestir.

### Key alanına MASTER.DAT dosyasının adreslerinin yerleştirilmesi

Klavyeden alınan anahtarın uzunluğu bulunur ve anahtarın bitişinden itibaren, hesaplanan MASTER.DAT adresinin yüksek ve alçak adres baytları düzeltildikten sonra key bufferindeki anahtarın hemen arkasına yüklenir. Daha sonra MASTER.DAT dosyasının dosya göstergesi hesaplanan adres değerine ayarlanır, bu adresten itibaren MASTER.DAT

dosyasına 100 bayt'lık esas bilgi kaydedilir. İlk iki harfi aynı olan başka kayıt olup olmadığı sorulur, varsa yine kaydedilecek bilgi ve anahtar kelime alınır. Anahtar kelimenin ilk üç harfine göre anahtara karşılık gelen adres hesaplanır.

Anahtar ve hesaplanan adres 8Dh uzunluğundaki BigBuffer'a yüklenir. Daha sonra kaydedilecek bilgi MASTER.DAT dosyasının dosya göstergesinin değeri ayarlandıktan sonra MASTER.DAT dosyasına kaydedilir. Tekrar iki harfi aynı olan anahtarla kayıt yapılıp yapılmayacağı sorulur, yapılacaksa aynı işlem tekrar edilir. Yapılmayacaksa BigBuffer içinde bulunan bilgilerin anahtar dosyaya kayıt edilmesi gerekir. Bunun için kayıttan yapılacağı adres bellek kartından sağlanır. Önce anahtarın 1. harfi yanında 2. harfin başlangıç adresi, 2. harfin yanında da ilk iki harfi anahtarla aynı olan bölgenin başlangıç adresi bellek kartından alınır. KEY.DAT dosyasının dosya göstergesi ayarlanarak 141 bayt (8Dh) uzunluğundaki BigBuffer'deki Anahtar+Adres bilgileri KEY.DAT dosyasına yazılır.

KEY.DAT ve MASTER.DAT dosyalarına kayıtlar, klavyeden esas bilgilerin girilmesi ve kayıt için anahtar kelimenin alınması şeklinde devam eder.

## ANAHTAR DOSYASININ ALTERNATİF VE BINARY SEARCH METODU İLE OKUNMASI

### Anahtar Dosyadaki İlk İki Harfi Aynı Olan Kayıtların Bulunduğu Bölgenin Alternatif Algoritma ile Bulunması

Arama işleminde, aranılacak anahtar kelime büyük harf olarak klavyeden buffera alınır. Anahtar kelimenin 1. harfi bl registerı'na, 2. harf cl registerı'na yüklenir. Bellek kartının segment ve offset adresleri ilgili registerlere (di:si) yüklenir. Lodsb komutu ile birinci harf bellek kartından al registerı'na alınır. Bu harf bl registerı'ndeki harfle karşılaştırılır. Birbirine eşit değilse si'nin değeri (offset adresi) iki bayt kaydırılarak

```
(mov ax, si
add ax, 02h ; si=si+2
mov si, ax ),
```

bir sonraki harf bellek kartından al registerı'na yüklenir ve anahtar kelimenin birinci harfinin bulunduğu bl registerı ile karşılaştırılır. Registerların içindeki bilgi birbirine eşit değilse, offset adresi yine iki bayt kaydırılarak, bir sonraki harf yine bellek kartından al registerı'na yüklenir ve bl registerı ile karşılaştırılır. Bu işlem anahtarın 1. harfi bulununcaya kadar devam eder. Birinci harf bulunduğu, lodsw komutu ile ön bellek kartından ax registerı'na ikinci harflerin başlangıç adresi yüklenir.

Bu adres bilgisi si registerına konularak bu adresten itibaren anahtar kelimenin ikinci harfi aranmaya başlanır; (al ve cl registerları karşılaştırılır, birbirine eşit değilse offset adresi 6 bayt kaydırılarak, bir sonraki harf yine bellek kartından al registerına yüklenir ve cl registerı ile karşılaştırılır. Bu işlem anahtarın 2. harfi bulununcaya kadar devam eder). İkinci harf bulunduğu, lodsw komutu ile ikinci harfin yanındaki adresin yüksek 2 baytı'na ulaşılmış olunur ve bu adres bilgisi cx registerı'na yüklenir. Yine lodsw komutu ile bulunan adresin yanındaki adresin alçak 2 baytına ulaşılır. Bu adres bilgisi de dx registerına yüklenir.

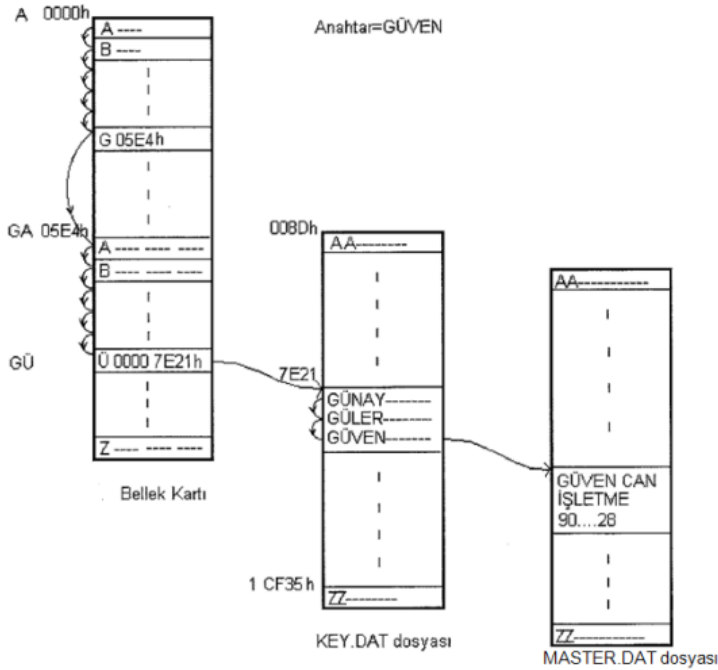
Yüksek adres baytları cx'de ve alçak adres baytları dx'te bulunduğundan, 42h fonksiyonunu kullanarak anahtar dosyanın file pointerı bu adrese ayarlanır. Daha sonra 3Fh fonksiyonu kullanarak 141 bayt'lık (8Dh) anahtar ve adres bilgileri bu yeni pozisyonundan itibaren okunur.

Okunan blok içinde anahtarın tamamı StrPos modülü ile bulunur. Modülün çalışması için si'ye anahtarın adresi, di'ye taramanın yapılacağı hedef dizisinin (BigBuffer'in) adresi

yüklenir. BigBuffer içinde karşılaştırma yöntemi ile anahtarın tamamı aranır. Anahtar bulunduğu zaman anahtar kelimenin indeksi dx registerındadır. dx'in içeriği ax'e yüklenerek push komutu ile saklanır. Anahtarın yanındaki adres bilgilerine ulaşmak için anahtarın uzunluğu StrLength modülü (dizi içinde sıfır olmayan karakterlerin sayılması yöntemi) ile bulunur. Anahtarın uzunluğu cx registerındadır. Pop ax komutu ile anahtar kelimenin indeksi ax registerına yüklenmiş olur. ax ile cx toplanarak adreslerin indeksi tesbit edilir (anahtarın arkasındaki adres bilgisinin BigBuffer lokasyonunun başlangıcından itibaren kaç bayt ötede olduğu belirlenir).

Bu bilgi si registerına yüklendikten sonra lodsw komutu ile MASTER.DAT dosyasının düşük adres baytları (2 bayt) ax register'ına yüklenir ve ax registeri içindeki bilgi de data segmentte bulunan MADRESL lokasyonuna yüklenir. Sonra lodsw komutu ile MASTER.DAT dosyasının yüksek adres baytları (2 bayt) ax registerına alınır. Adresin düzeltilmesi için ax registerının içindeki değer 30h, 31h ve 32h olup olmadığına bakılır. Eğer bu adreslerden birine eşitse ax registerından 30h çıkarılarak esas adres bilgisi elde edilir. Bu bilgi de MADRESH lokasyonuna yüklenir Adres düzeltme işlemine gerek duyulmasının nedeni 1h ve 2h değerlerinin aynı ASCII kodu ile gösterilmesinden kaynaklanmaktadır (aynı düzeltme kayıt sırasında da yapılıyor, yüksek adres değeri 0h, 1h ve 2h ise 30h ile toplanıp öyle kaydedilmektedir).

MADRESH lokasyonundaki adres bilgisi cx ve MADRESL lokasyonundaki adres bilgisi de dx'e yüklendikten sonra, 42h fonksiyonu ile MASTER.DAT dosyasının file pointerı bu adrese ayarlanır. Daha sonra 3Fh fonksiyonu kullanılarak ayarlanan bu yeni pozisyonundan itibaren 100 bayt'lık bir bilgi okunarak ekrana yazılır. Böylece okunmak istenen esas bilgiye erişmiş oluruz (Şekil 4).



**Şekil 4.** Alternatif Algoritma ile İçinde Anahtarın Tamamının Aranılacağı Bölgenin Bulunması

### Anahtar Dosyadaki İlk İki Harfi Aynı Olan Kayıtların Bulunduğu Bölgenin Binary Search Algoritma ile Bulunması

KEY.DAT dosyası 841 eşit kısma bölündüğü için her bir bölümü kaydetmek için de bir kayıt numarası gerekmektedir. Bu nedenle 1'den 841'e kadar kayıt numaraları kullanılmıştır.

İlk kayıtların numarası 1, son kayıtların numarası 841'dir. İlk arama için, ilk kayıt numarası ile son kayıt numarası toplanıp ikiye bölündüğünde orta değeri bulunur. Bu değer, anahtar dosyasının tam ortasındaki kayıt numarasına eşittir. Kayıt uzunluğu ile çarpıldığında ortadaki kayıtların adresi bulunur. Bu adresten itibaren bölgenin tamamı okunur. Okunan bölgenin ilk iki bayt'ı ile anahtar kelimenin ilk iki harfi karşılaştırılır. Birbirine eşitse arama sona erer. Bulunan orta değeri anahtardan büyükse, üst=orta-1 yapılır; alt değer sabit kalır. Eğer bulunan orta değer anahtardan küçükse üst değeri sabit kalır; alt=orta+1 yapılır. Sonra bu yeni alt ve üst değerleri toplanıp yeniden ikiye bölünerek, yeni bir orta değeri bulunur. Yeni orta değerine göre hesaplanan adresten bölgenin tamamı okunur. Okunan bölgenin ilk iki bayt'ı ile anahtar kelimenin ilk iki harfi karşılaştırılır. Eşit değilse yeni orta değeri hesaplanır. Bu işlem dosyadan okunan bölgenin ilk iki bayt'ı ile anahtarın ilk iki harfi birbirine eşit olana kadar devam eder. Birbirine eşit olduğunda ise bölgenin içinde anahtarın tamamı aranarak bulunur. Anahtar bulunduğunda yanındaki adres bilgisinden ana dosyadaki istenilen kayıt'a ulaşılır.

Bu işlemi şu şekilde formülize edebiliriz;

Alt = 1, Üst=841, orta = kayıt no

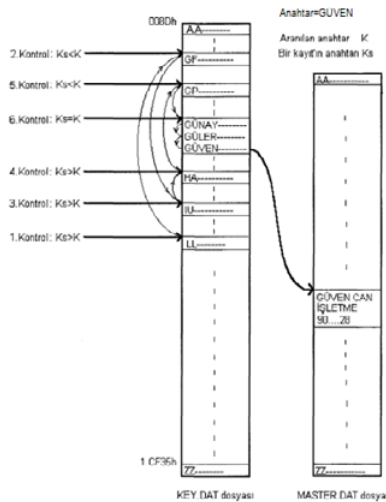
$orta = (\text{üst} + \text{alt}) / 2$

orta= anahtar ise arama sona erer

orta > anahtar ise üst=orta-1, alt=sabit

orta < anahtar ise üst=sabit, alt=orta+1 yapılır.

Sonra tekrar bölme ve karşılaştırma işlemi yapılır. Bu işlem orta=anahtar olana kadar devam eder (Şekil 5).



**Şekil 5.** Binary Search Algoritması ile İçinde Anahtarın Tamamının Aranılacağı Bölgenin bulunması

## BINARY SEARCH VE ALTERNATİF ALGORİTMANIN KARŞILAŞTIRILMASI

Binary Search metodu ile okuma yapabilmek için önce KEY.DAT dosyasındaki 841 bellek bölgesinin hepsine birer kayıt yapıldı (Bunu yapmamızın sebebi, binary search metodu ile bulduğumuz adresten okuma yaptığımızda eğer kayıt yoksa, bulunan değerın anahtarla karşılaştırma işlemi gerçekleşmediğinden program sonsuz döngüye giriyor).

Arama süresinin saptanmasında DOS kesmelerinden 2Ch fonksiyonundan yararlanılmıştır.

DOS - 0 anki sistem zamanını verir (GET Current Time)

AH = 2Ch

Dönen Değer:

CH = Saat hex olarak (0-17h =00-23d)

CL = Dakika hex olarak (0-3Bh=0-59d)

DH = Saniye hex olarak (0-3Bh=00-59d)

DL = Salise hex olarak (Saniyenin yüzde biri, 0-63h=0-99d).

Anahtar kelime klavyeden girildikten sonra, o anki sistem zamanı ekrana yazılıyor ve okunan bellek bölgesi içinde anahtarın tamamı bulunduğunda ise o zamanki sistem zamanı ekrana yazılıyor. İki okuma arasındaki zaman farkı salise (saniyenin 100'de biri) olarak anahtara erişim süresini vermektedir. Binary Search ve Alternatif Algoritmanın karşılaştırılması için gerekli olan bütün programlar, assembly dili ile yazılmış ve Turbo Assembler 5.0 ile derlenmiştir (Swan 1991: 317).

Pentium-S 75MHz mikroilemcili, ISA taşıt yuvalarına sahip ve 256K ön bellekli bir bilgisayarla yapılan aramalar sonucu, anahtarlara erişim süreleri salise olarak belirlenmiştir.

Anahtarlara erişim süreleri her bir anahtar için, bilgisayar resetlendikten sonra alınmıştır. Bunu yapmamızın sebebi, birincil ve ikincil ön belleğin etkisini ortadan kaldırmaktır.

Alternatif ve Binary Search algoritmaları ile anahtar dosya içindeki anahtarların aranıp bulunması sürecinde geçen zamanın minimum, maksimum, ortalama ve standart sapma değerleri Tablo 3'de verilmiştir.

| Algoritmalar  | Okunan Anahtar Kelime Sayısı (N) | Min. | Mak.  | $\bar{x}$ | S    |
|---------------|----------------------------------|------|-------|-----------|------|
| Alternatif    | 183                              | 0.00 | 44.00 | 4.39      | 7.68 |
| Binary Search | 183                              | 4.00 | 50.00 | 8.65      | 8.29 |
|               |                                  |      |       |           |      |

**Tablo 3.** Algoritmaların Anahtarları Bulma Sürelerinin Ortalama ve Standart Sapma Değerleri

Tablo 3'den, alternatif algoritmanın 183 anahtar kelimeyi bulma sürelerinin ortalaması  $\bar{x} = 4.39$  salise iken, binary search algoritması ile aynı anahtar kelimeleri bulma sürelerinin ortalaması  $\bar{x} = 8.65$  salise olarak bulunmuştur. Ayrıca, Alternatif algoritmamızın bir anahtarı bulması için geçen süre 0.00 ile 44.00 salise arasında değişirken, Binary Search algoritmasında ise bu sürenin 4.00 ile 50.00 salise arasında olduğu görülmektedir.

## SONUÇ

Alternatif algoritmamızın temelini, bilgisayarlarda ön bellek olarak kullanılan Statik RAM'ların yüksek erişim hızından yararlanarak, anahtar dosyadan bir defa okuma yaparak arama süresini azaltmak oluşturmaktadır.

Okuma sürelerinin tespiti için yapılan kayıtlarda 183 anahtar kelime kullanılmıştır.

Anahtar kelimelerle yapılan okumalar esnasında makinenin kendi ön belleklerinin etkisini ortadan kaldırmak için, bütün okumalar makine reset edildikten sonra yapılmıştır.

Alternatif algoritma ile 183 anahtar kelime toplam olarak 803 salise'de, binary search algoritması ile 1582 salise'de okunmuştur.

Bu anahtarlarla yapılan tespite göre, Alternatif algoritmamız bir anahtara ortalama olarak Binary Search algoritmasından 4.26 salise daha önce ulaşmaktadır.

ISA (Industry Standart Architecture) taşıt yuvasına takılan 64K'lık Statik RAM'lerden oluşan bellek kartının çalışma prensibinden yararlanılarak, benzer bir SRAM bellek kartı PCI (Peripheral Component Interconnect) taşıt yuvalarına takılacak şekilde yeniden tasarlanabilir.

## KAYNAKLAR

1. ATEŞ, İ., YUMUŞAK, N., (2003), "İkili Arama Ağaçlarında Düğümlere Hızlı Ulaşmak İçin Bir Yöntem ve Gerçeklenmesi", SAU Fen Bilimleri Enstitüsü dergisi, Cilt 7, Sayı 2, ss.125-128.
2. KILIÇLI, A.,D., (1995), *Assembler Uygulamalarıyla PC'nin Sırları*, Sistem Yayıncılık.
3. MARTIN, J., (1976) , *Principles Of Data-Base-Management*, Prentice-Hall Inc., Englewood Cliffs New Jersey
4. MESSMER, H., P., (1995), *The Indispensable PC Hardware Book*, Addison-Wesley Publishing Company Inc., USA.
5. ÖZTÜRK, S., ATMACA, H.,E., (2017), "İlişkisel ve İlişkisel Olmayan (NoSQL) Veri Tabanı Sistemleri Mimari Performansının Yönetim Bilişim Sistemleri Kapsamında İncelenmesi", Bilişim Teknolojileri Dergisi, Cilt 10, Sayı 2, ss.199-209.
6. SWAN, T., (1991), *Mastering Turbo Assembler*, Hayden Books, Indiana USA
7. TEXAS INSTRUMENTS, (1998), *High-Speed CMOS Logic Data Book*, Texas Instruments Incorporated Printed in the USA.

# Gıda Olarak Tüketilen Deniz Ürünlerindeki Polisiklik Aromatik Hidrokarbonların (PAH) İnsan Sağlığı Üzerine Potansiyel Etkileri

**Esra Billur BALCIOĞLU<sup>1</sup>**

## CHAPTER 2

---

<sup>1</sup> Dr. Öğr. Üyesi İstanbul Üniversitesi Deniz Bilimleri ve İşletmeciliği Enstitüsü Kimyasal Oşinog-  
rafi Anabilim Dalı, Vefa, İstanbul





## GİRİŞ

Polisiklik aromatik hidrokarbonlar (PAH'lar), çevresel ortamlarda yaygın olarak ve yoğunlukla da artan miktarlarda bulunan kirletici maddelerdir. PAH'lar hem doğal hem de antropojenik aktivitelerden çevreye karışmaktadır (WHO, 2003). PAH'ların çevrede yaygın olarak bulunması, organik maddelerin yanması sonucu olduğu yıllardan beri bilimsel çalışmalarda rapor edilmektedir. 1950'lerde, PAH'ların yiyeceklerde bulunmasının yanı sıra sigara dumanında da var olduğu bildirilmiş ve sonrasında trafik egzoz gazları nedeniyle hava ortamında da tespit edilmiştir. Deniz ortamında, PAH'lar 1967'den bu yana petrol sızıntılarından sonra tespit edilmeye başlamıştır. PAH'ların önceden var olan seviyelerine ilave olarak, doğal kaynaklardan da oluşabildikleri için, çevrede PAH kaynaklanan kirliliğin seviyelerindeki değişimi tahmin edebilmek adına izleme programları başlatılmıştır (De Boer ve Law, 2003).

Petrol kontaminasyonu (gemilerden petrol sızıntısı, deniz taşımacılığı ve kazaları), hava kirliliğinden kaynaklanan atıklar (yakıtların yanması) ve karasal akış (kentsel atıksu deşarjları ve endüstriyel atıksular) gibi çeşitli kaynaklarla denizel çevrenin kirlenmesinde önemli bir yer tutmaktadır (Vieites ve diğ., 2004).

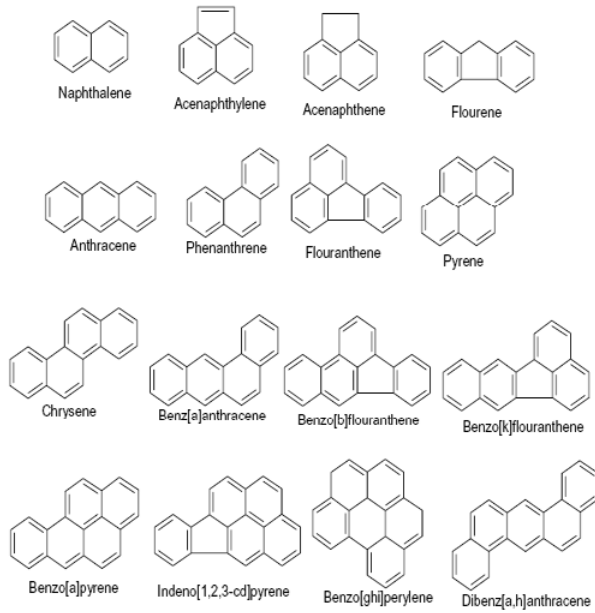
PAH'lar aynı zamanda endüstriyel emisyonlardan kaynaklanan atmosferik yollar veya içten yanmalı motorların ve evsel ısıtma sistemlerinin egzoz dumanları yoluyla da deniz ortamına taşınmaktadır. Moleküler ağırlık arttıkça, PAH'ların kanserojenliği de akut toksisiteyi azaltarak artar. En güçlü PAH kanserojenlerinin, benzo(a)antrasen, benzo(a)piren ve dibenz(a)antrasen içerdiği tespit edilmiştir (Armstrong ve diğ., 2004; Bach ve diğ., 2003; CCME, 2010). Buna bağlı olarak, PAH'ların bulundukları ortamlarda ekolojik ve toksikolojik yönleri hakkında, kanserojen özelliklerine özel atıfta bulunularak birçok çalışma yayınlanmıştır (Neff, 1982a,b, 1985; Valavanidis ve diğ., 2008). Bu çalışmada ise deniz ortamlarında yaşayan canlılarda bulunan PAH'lar ve tüketim yoluyla insan sağlığı üzerindeki potansiyel riskleri hakkında seçilmiş veriler özetlenmiştir.

## PAH'LARIN KİMYASAL KARAKTERİZASYONU

PAH'lar, en az iki yoğunlaştırılmış ve kaynaşmış aromatik halka yapısında gruplanan karbon ve hidrojen atomlarından oluşan organik maddelerdir (CCME, 2010) ve iki kategoriye ayrılabilir. Bunlar dörtten az halkadan oluşan düşük moleküler ağırlıklı bileşikler ve dört veya daha fazla halkadan oluşan yüksek moleküler ağırlıklı bileşiklerdir.

Bireysel PAH'ların sağlık etkileri farklılık gösterse de, bazı PAH'ların insanlar üzerindeki ciddi olumsuz etkileri nedeniyle endişe verici oldukları tespit edilmiştir. Potansiyel toksisiteleri nedeniyle PAH'lar içerisinde 16 bileşik, Amerika Birleşik Devletleri Çevre Ajansı (USEPA) tarafından öncelikli kirletici olarak belirlenmiştir. Bu PAH'ların fizikokimyasal özellikleri Şekil 1'de gösterilmektedir.

PAH'ların fiziksel ve kimyasal özellikleri genellikle moleküler ağırlıkları ile değişmektedir. Artan moleküler ağırlıkla, suda çözünürlük azalır ve erime noktası, kaynama noktası ve logaritmik Kow (oktanol/su bölme katsayısı) artmaktadır. Bu bileşiklerde çözünürlüğün artması, oksidasyona, parçalanmaya karşı dirençte ve buhar basıncında azalma anlamına gelir. Buna göre, farklı moleküler ağırlıktaki PAH'lar davranışları, ortamdaki dağılımı ve biyolojik etkileri büyük ölçüde değişiklik göstermektedir. PAH'ların fiziksel ve kimyasal özellikleri hakkında daha kapsamlı ve detaylı veriler Lo ve Sandi (1978), Neff (1985), USEPA (1980) ve Lee ve Grant (1981) 'de verilmiştir.



**Şekil 1.** PAH'ların molekül şekilleri (Anyakora ve diğ., 2005)

PAH'lar organizmalar tarafından üretilebilir (biyojenik), yakma işlemlerinden (pirolitik), taşımacılık ve petrol faaliyetlerinden (petrojenik) veya toprak ve çöktillerdeki (diyajenik) dönüşüm işlemlerinden türetilebilir (Hylland, 2006). Her işlem farklı PAH bileşenlerini üretir ve kökenlerini, PAH'ların fiziksel-kimyasal davranışlarına dayanan moleküler oranlar kullanarak belirlemek mümkündür. Pirolitik ve petrojenik PAH'lar deniz ekosistemlerinde nicel bir öneme sahiptir.

## PAH'LARIN DENİZ ORTAMINDAKİ DURUMU

PAH'lar, denizel ortama, organik maddenin yanması (pirolitik kökenli), jeotermik gradyan altında yavaş yavaş olgunlaşma (petrol hidrokarbonları) ve biyojenik öncüllerin (diagenesis) kısa sürede bozulması gibi çeşitli işlemlerle kontamine olabilmektedir. PAH'ların denizel ortamdaki girdilerinin çoğu insan faaliyetleriyle (antropojenik faaliyetler, kok ve petrol endüstrilerinden gelen atıklar ve atık sular, şehirleşmiş alanlar, araç trafiği ve petrol sızıntıları) bağlantılıdır.

Sucul ortamlardaki çoğu PAH, partiküllü materyallerle ilişkilidir; sadece yaklaşık % 33'ü çözülmüş halde bulunur (Lee ve Grant, 1981). Su kolonunda çözülmüş PAH'lar fotooksidasyon ile hızla parçalanabilmekte (USEPA, 1980) ve yüksek sıcaklıklarda, yüksek oksijen seviyelerinde ve daha yüksek güneş ışınımı olaylarında en hızlı şekilde bozunmaktadır. Sedimanlarda biriken PAH'ların son aşamasının, bentik organizmalar tarafından biyotransformasyon ve biyolojik bozunma olduğu düşünülmektedir (USEPA, 1980). Bununla birlikte, suda, sedimanlardaki PAH'lar nüfuz edici radyasyon ve oksijenin yokluğunda çok yavaş bir şekilde bozulur ve oksijenin az bulunduğu ortamlarda veya anoksik çöktillerde süresiz olarak kalabilir. Sucul ortamlardaki PAH bozulması atmosferdekinden daha yavaş gerçekleşir ve PAH'ların sucul ortamlardaki çevrimi, diğer ekolojik sistemlerden farklıdır.

PAH'ların bozulması, redoks durumu, sıcaklık, besin içeriği, sediment yapısı ve sedimentteki biyolojik aktiviteden etkilenebilmektedir (Gardner ve diğ., 1979). Hinga ve diğ. (1980) bir deniz ekosisteminde benz(a)antrasenin durumunu incelemiştir ve 216 gün sonra, başlangıçta eklenen miktarın sadece % 21'inin orijinal olarak kaldığını; gerisinin karbon monoksit (CO) ve ara ürünlere dönüştüğünü ortaya koymuştur. Başka bir çalışmada, orta kumdan silt-kil kuma kadar değişen sedimentlere eklenen antrasen, fluoranthen, benzo(a)antrasen ve benzo(a)piren için giderim miktarları haftada % 1-3 oranında bulunmuştur (Gardner ve diğ., 1979).

Lipofilik antropojenik organiklerin çoğu, düşük çözünürlükleri ve çökeltilerde birikmesi nedeniyle su kolonundaki süspansiyon parçacıkları ile bağlanma eğilimindedir. Sedimentler çoğunlukla su kolonunda bulunanlardan daha yüksek konsantrasyonlarda kirletici içerir. PAH'lar ayrıca balıklarda ve kabuklu deniz canlılarında, özellikle midyelerde birikmekte ve insan sağlığı üzerinde ciddi tehlikelere yol açabilmektedir (Heintz ve diğ., 2000).

## MİDYE VE ÇİFT KABUKLULARDA PAH

Midyeler, filtrasyon yoluyla beslenen çift kabuklılardır ve bu nedenle esas olarak su fazında çözünmüş kirletici maddelerin fraksiyonuna maruz kalırlar. Düşük moleküler ağırlıktaki bileşikler suda daha fazla çözünür ve bu nedenle midye için daha uygundur. Bu bileşikler (tri- ve tetra-aromatikler) genellikle daha ağır moleküler ağırlıktaki bileşiklerden ziyade çiftkabukluların veya balık dokularında daha yüksek seviyelerde konsantre olmaktadır (Porte ve Albaige's, 1993).

Kıyı sularındaki kimyasal kirlilik düzeylerini ve eğilimlerini incelemek için, esas olarak *Mytilus sp.* türü midyenin kullanılması ilk kez 1970'lerin ortalarında önerilmiştir. Çiftkabuklular bioizleme çalışmaları için, geniş coğrafi dağılışları, hareketsiz filtrasyon yoluyla beslenen canlı olmaları ve deniz suyunda ortam konsantrasyonlarına oranla metaller ve organik kirleticiler dahil bir çok kirleticiyi yüksek seviyede biriktirme kabiliyetleri nedeniyle uygun biyoindikatörler olarak kabul edilmektedir. Ayrıca, midyeler ticari türlerdir ve dünyanın her yerindeki insanlar tarafından gıda şeklinde yaygın olarak tüketilmektedir. Türkiye denizlerinden alınan *Mytilus galloprovincialis* türü midyelerdeki (siyah midye) T-PAH'ların genel konsantrasyonları Tablo 1'de gösterilmektedir.

| Bölge            | Konsantrasyon                  | Kaynak                      |
|------------------|--------------------------------|-----------------------------|
| İstanbul Boğazı  | 601 ppb ( $\Sigma_{16}$ PAH)   | Karacık ve diğ., 2009       |
| İstanbul Boğazı  | 589 ppm ( $\Sigma_{16}$ PAH)   | Balcioğlu ve diğ., 2014     |
| Çanakkale Boğazı | 47,9 ppm ( $\Sigma_{16}$ PAH)  | Balcioğlu ve diğ., 2014     |
| İzmit Körfezi    | 13,9 ppb ( $\Sigma_{16}$ PAH)  | Ergül ve diğ., 2010         |
| İzmit Körfezi    | 14,81 ppm ( $\Sigma_{16}$ PAH) | Telli-Karakoç ve diğ., 2002 |
| Doğu Ege Denizi  | 64.2 ppb ( $\Sigma_{17}$ PAH)  | Küçüksezgin et al. 2013     |
| Prens Adaları    | 9083 ppb ( $\Sigma_{16}$ PAH)  | Balcioğlu ve diğ., 2016     |

**Tablo 1.** Türk denizlerinde Toplam PAH konsantrasyonları

## BALIKLARDA PAH

Balıklardaki PAH seviyeleri genellikle düşüktür, çünkü bu canlılar PAH'ları hızla metabolize eder (Lawrence ve Weber, 1984); fakat kirlenmiş sedimentlerde kolaylıkla bulunurlar (Mohammadizadeh ve diğ., 2013). Bir besin zincirinin uzunluğu, hidrofobik organik bileşiklerin biyomagnifikasyonlarını etkileyen potansiyel faktörlerden biridir (Yu ve diğ., 2012).

Balıklardaki biyokimyasal parametrelerin özellikle kirlenme derecesine ve türüne cevap veren ölçümleri, kirleticilerin sucul ekosistemler üzerindeki etkisini değerlendirmek, balık ve su kalitesindeki fizyolojik durumdaki değişiklikleri izlemek için kullanılabilir (Helgason ve diğ., 2008).

Sarhadizadeh ve diğ. (2014), *P. waltoni* türü canlılarda PAH konsantrasyonlarının 138 to 284.14 ppb aralığında değiştiğini ve 206.37 ppb ortalamaya sahip bu değer, daha önceki çalışmada aynı bölgeden alınan *Liza kluzignery* türü canlıda tespit edilen değer (Mohammadizadeh ve diğ., 2013) altında olduğunu ortaya koymuştur.

Rainio ve diğerleri (1986) yaptığı çalışmada Fin Takımadaları Denizi için *Clupea haren* türüne ait kas dokusunda toplam PAH değerini 50.5–33 ppb aralığında, *Lota lota* türünün kas dokusunda 26 ppb, aynı türün karaciğerinde 445 ppb, Stizostedion lucioperca türünün kas dokusunda 17- 30 ppb ve aynı türün karaciğerinde 118 ppb olarak tayin etmiştir.

Sarı çipura (*Acanthoperyrus latus*) ve altın iplik çipuranın (*Nemipterus virgatus*) bulunduğu deniz balığı örneklerinde genel PAH konsantrasyonları, 15,5–57 ppb (eksenel kas) ve 18,1-118 ppb ıslak ağ (ıslak kas) aralığında tayin edilmesiyle, PAH'ların sırasıyla ekstenel ve ventral kaslarda en yüksek değerleri sergilediği ortaya konmuştur. Genel olarak, sonuçlar Hong Kong pazarındaki balıklarda PAH seviyelerinin düşük olduğunu ve insan tüketimi için herhangi bir endişe duyulacak duruma neden olacağını beklemediklerini göstermiştir (Cheung ve diğ., 2007).

## SEDİMENTTE PAH

Sedimentler, PAH kontaminasyonu gibi doğal ve antropojenik kökenli hassas indikatörlerdir (De Luca ve diğ., 2004; Klamer ve diğ., 1990). Suda, daha hidrofobik PAH'lar tipik olarak partiküllere güçlü bir şekilde emecek ve genellikle bakteriyel bozulmaya karşı daha dirençli hale gelecektir. Bu nedenle, bölgedeki PAH kirliliği hakkında gerekli bilgileri sağlamak için PAH'ların sedimentlerdeki konsantrasyonları ölçülür. Sedimentlerdeki yüksek konsantrasyonlarda pirojenik PAH karışımları, ağır gemi trafiğine sahip bazı tatlı su, nehir ağzı ve denizel bölgelerde veya PAH içeren endüstriyel atık suların boşaltıldığı bölgelerde bulunmuştur. Ve bu tür bölgelerde, su içerisinde bulunan biota üzerindeki zararlı etkileri gözlenir (Nikolaou ve diğ., 2009).

Deniz ortamına girdikten sonra, fiziksel taşınma ve mekanik faktörler en çok PAH'ların sedimentlerdeki dağılımında etkilidir (Yim ve diğ., 2007). Hem çözünmüş hem de tanecikli fazlarda bulunurlar. Düşük çözünürlükleri ve hidrofobik yapıları nedeniyle, inorganik ve organik süspanse edilmiş partiküller ile kolayca bağlanırlar ve sedimentlerde yüksek konsantrasyonlarda birikebilirler (Culotta ve diğ., 2006).

PAH'ın ortamdaki son aşaması, su kolonunda taşındıktan sonra genellikle tortul biriktirmedir (Zaghden ve diğ., 2007). Bununla birlikte, PAH'ların absorbe ve sulu fazlar arasında bölünmesi gibi *in situ* faktörler, biyolojik türbürasyon ve seçici mikrobiyal bozunma, elde edilen PAH bileşimini ve mutlak PAH bileşiklerini etkileyebilir (Yim ve diğ., 2007). Bu bileşikler aynı zamanda yüksek oranda biyolojik olarak kullanışlı ve lipofilik olduklarından, PAH ile kontamine olmuş sedimentler biotayı olumsuz yönde etkileyebilir ve organizmaların lipitlerinde (yağ dokularında) yüksek konsantrasyonlara neden olabilir (Yim ve diğ., 2007).

Kirlenme alanlarının karasal ve sucul ekosistemler için önemli çevresel tehlikelere yol açtığı bilinmektedir. USEPA, kirlenmiş tortuların ABD genelinde hem ekolojik hem de insan sağlığı yönünden risk oluşturduğuna karar vermiştir. Ülkenin göllerinden, nehirlerinden ve koylarından kaynaklanan sedimentlerin kabaca % 10'unun, sudaki organizmaları, kontamine balık ve kabuklu deniz ürünleri tüketen insanları olumsuz yönde etkileyebilecek ve doğal yaşama zarar verebilecek toksik kimyasallarla kirlenmiş olduğu tahmin edilmektedir (ATSDR, 1995).

PAH'lar önemli kirlilik kaynaklarıdır ve moleküler organizasyondan ekosistem seviyesine kadar biyolojik organizasyonun tüm seviyelerinde meydana gelebilecek ekotoksikolojik etkilerle sonuçlanabilir (Fent, 2004; Wernersson ve diğ., 2000). Ayrıca, kirlenmiş sedimentler tarandığında ve örselendiğinde toksik kirleticiler maddelerin hareketsizliği, buna bağlı olarak da kullanılabilirliğinin artması meydana gelebilmektedir (Eggleton ve Thomas, 2004).

Kıyı deniz sedimentlerinde, PAH'lar kentsel kaynaklardan gelebilir ve metabolizma, foto oksidasyon ve diğer proseslerle ara ürün ve CO'ya dönüştürülür. Kontrollü Ekosistem Kirliliği Deneyinde (CEPEX), Lee ve diğ. (1978) hidrokarbonların sedimentlerde çöktürülmüş parçacıklarla biriktirilmiş olduğu sonucuna varmışlardır; ancak bir kerelik petrol ilavesinin ilk birkaç gününü naftalenlerin çöktürme konsantrasyonunun yüksek olmadığı ve daha sonra 17 güne kadar sürekli olarak azaldığı tespit edilmiştir. Bununla birlikte, tortudaki antrasen, fluoren, benzo(a)antrasen ve benzo(a)piren konsantrasyonları, denemenin 17 günü boyunca düzenli olarak artmıştır. Çoğu büyük polisiklik aromatik hidrokarbonun (LPAH) birincil olarak mikrobiyal bozunma ile uzaklaştırıldığı ve halojenli polisiklik aromatik hidrokarbonların (HPAH) fotooksidasyon ve çöktürme ile çıkarıldığı sonucuna varılmıştır. Bir başka çalışma, petrol su kolonuna eklendiğinde, toplam hidrokarbonların suda hızla azaldığını, ancak sedimentte aromatik hidrokarbonların arttığını göstermiştir (Gordon ve diğ., 1976).

## PAH MARUZİYETİ VE İNSAN SAĞLIĞINA ETKİLERİ

Halk sağlığı ve okyanusların sağlığı arasındaki ilişki, özellikle tropik ve subtropikal bölgelerde, kıyı bölgelerinde yaşayan nüfusun çoğalması nedeniyle de artmaktadır (Fleming ve diğ., 2006; Moura ve diğ., 2011). Bu bölgelerde, sosyal ve çevresel istikrara hassasiyetin artması, okyanus ve çevre sağlığının da etkilenmekte olduğu doğal afetlerden kaynaklanmaktadır. Dünya nüfusunun 2007 yılında 6,6 milyara ulaştığı bilinmektedir ve 2050 yılına kadar da 9,3 milyar olarak öngörülen büyümeyle, gelişmekte olan ülkeler bu artıştan öncelikle sorumludur (PRB, 2007). İnsan nüfusunun yaklaşık % 65'i 159 km'lik bir sahil şeridi içinde yaşamakta ve büyümesi 2025 için %75 olarak tahmin edilmektedir. Kıyı bölgelerinde, okyanuslar önemli bir protein kaynağı, yaşam kalitesi, rekreasyon olmaya devam etmekte ve çeşitli bölgelerdeki ekonomik faaliyetlerin ayrılmaz bir parçası haline gelmektedir (Dewailly ve Knap, 2006). Dünyanın her yerinde, özellikle deniz veya okyanus kıyılarına sahip ülkelerde, balıkçılık en önemli gelir kaynaklarından biridir. Ayrıca, ticari türlerin avlanmasından dolayı tüketim miktarı da artmaktadır (Moura ve diğ., 2011).

PAH'ların diyet alımları, insan maruziyetinin ana kaynaklarıdır. İnsanların sentetik organik maddelere maruz kalması, öncelikle kontamine yiyecekleri tüketmelerinden kaynaklanmaktadır. PAH'lar çift kabuklular gibi deniz organizmalarında biyolojik olarak birikir ve hayvan kanserojenleri olarak kabul edilir. Teratojenik veya kanserojen tepkiler süngerlerde, planaryanlarda, ekinoderm larvalarında, teleostlarda, amfibi ve bitkilerde kanserojen PAH'lara maruziyetle olmuştur (Neff, 1982b).

İlgili otoriteler, insanlar kendi yemeğini pişirmeye başladığından beri, çoğu taze gıdanın kilosunda toplam 1-10 µg PAH içerdiğini, bunların tütsülenmiş veya mangalda pişiril-

miş et veya balık olmasıyla bu oranın 100 katına çıktığını, kirlenmiş ortamlardaki kabuklu hayvanların PAH alımına önemli ölçüde katkıda bulunabileceğini ve PAH'ın kanserojen riskinin önemli olduğunu belirtmektedir (Lawrence ve Weber, 1984). Gıdalarda bulunan 22 PAH bileşiklerinden 11'inin deney hayvanları üzerinde kanserojen etkileri olduğu gözlenmiştir. Bunlardan 5 tanesinin (benzo(a)pyrene, benz(a)anthracene, 3-methylcholanthrene, dibenz(a,h)anthracene and 7,12- dimethylbenz(a)anthracene) oral yoldan alınmasıyla tümör hücrelerinin beslendiği, tavşan ve fareler üzerinde yapılan deneylerle ortaya konmuş ve bunlardan sadece üçü, farelerle yapılan kronik çalışmalarda pozitif doz-cevap ilişkileri sergilemiştir. Ancak günümüzde, bilinen 11 kanserojen PAH'ın veya bunların kombinasyonlarının, insanlarda, özellikle gıdalarda bulunma olasılığındaki miktarlarda, oral yolla kansere neden olabileceğine dair kanıt yoktur (Lo ve Sandi, 1978).

PAH'ların sağlığa zararlı etkilerinin ortaya çıkması ve bu etkilerin ne tür olacağı, maruz kalma derecesi, maruz kalınan konsantrasyon ve solunması, yutulması veya deri teması yoluyla maruz kalındığında doğuştan gelen toksisite bağırsıklığı gibi çeşitli faktörlere bağlıdır (Omodara ve diğ., 2014). PAH'ların insanlarda maruziyetini tahmin etmek için, en yaygın kullanılan biyobelirteç, 1-hidroksipiren, hidroksinaftalen ve hidroksifenren dahil olmak üzere idrardaki PAH metabolitlerinin seviyesidir.

Kanserojenlere yaşamın erken döneminde maruz kalmanın çocuklar üzerinde yetişkinlere benzer maruziyetten daha fazla etkisi olabilir. Hayvan ve insan çalışmaları, PAH'lara ebeveynlerin maruz kalmasının, kanser ve düşük doğum ağırlığı da dahil olmak üzere fetüste ciddi veya geri dönüşü olmayan hasarlara neden olabileceğini göstermektedir (Dejmek ve diğ., 2000). 2012 yılında yayınlanan bir araştırma, rahimde yüksek çevresel PAH'lara maruz kalan çocukların yedi yaşından önce endişe, depresyon ve dikkat problemleri oluşma riskinin daha yüksek olduğunu göstermiştir (Perera ve diğ., 2012).

Bazı PAH'ların bilinen kanserojen etkileri insan sağlığı için birincil öneme sahiptir. PAH'ların kanserojenliği, DNA'ya kovalent olarak bağlanabilen aktif metabolitlerin üretiminden kaynaklanmaktadır. Bu, tüm kanserojen PAH'lar için ortak bir etki şekli olarak kabul edilir (CPAH) (Naz, 1999; USEPA, 1993). PAH'ların kanserojenlik potansiyeli genellikle molekülün yapısal özellikleri ve molekülün karmaşıklığı ile ilişkilidir: daha karmaşık bir bileşik genellikle daha güçlüdür. Bununla birlikte, PAH'ların sıklıkla karmaşık karışımlarda bulunmasından dolayı, bireysel PAH'ların kanserojenliğini tahmin etmek genellikle zordur (Menzie ve diğ., 1992). Potansiyel kanserojen PAH'lar BaA, BkF, BbF, BaP, DahA, IP and Chr'nin toplamıyla hesaplanmaktadır (Bhargava ve diğ., 2004; Nadal ve diğ., 2004) ve bazı çalışmalarda da önemine değinilmiş bir konudur (Karacık ve diğ., 2009; Balcıoğlu ve diğ., 2016, Balcıoğlu ve diğ., 2017).

PAH'lar insan vücudu tarafından emilebilir, karaciğer ve böbrek tarafından metabolize edilebilir ve boşaltım yoluyla elimine edilebilir. PAH maruziyeti ile ilgili sağlık sorunları akciğer kanseri, düşük doğum oranları ve düşük doğurganlığı meydana getirmektedir (AMAP, 1998). PAH ile kontamine bir diyetin oral yolla alınması ve PAH'larla kontamine olmuş gıdaların tüketilmesinden kaynaklanan immünotoksisite konusunda deneysel çalışmalar yapılmıştır (Abdel-Shafy ve Mansour, 2015).

Dünya Sağlık Örgütü'ne göre (2005), yüksek seviyede PAH içeren kirlenmiş karışımlara mesleki olarak maruz kalınması, göz tahrişi, kusma, kasılma ve bulantı gibi semptomlara yol açmıştır. PAH'ların ve diğer kimyasal maddelerin karışımlarına maruz kalan işçilerin uzun süreli çalışmaları, cilt, akciğer, mesane ve mide-bağırsak kanseri riskinde bir artış olduğunu göstermiştir. Çalışmalar aynı zamanda astım benzeri semptomlar, akciğer fonksiyonu, anormallikler, kronik bronşit ve immün fonksiyondaki düşüş PAH'lara maruz kalmanın sağlık etkilerinden bazıları olduğunu da bildirmiştir. Bununla birlikte bu bileşenlerden hangilerinin birlikte bu etkilere yol açtığı bilinmemektedir.

PAH'lara uzun süre maruz kalmak, karaciğer hasarı, böbrek problemi, katarakt ve sarılığa yol açabilmektedir. Belirli bir PAH naftalen solunması veya yüksek miktarlarda alınması halinde kırmızı kan hücrelerinin parçalanmasına neden olabilir (SCF, 2002).

Dünya Sağlık Örgütü (WHO), insan tüketimine yönelik kabuklu deniz hayvanlarında, bilinen en büyük mutajenik etkiye sahip olan bileşenlerin (BkFA, BaA, BbFA, BaP, DBa-hA, IP) konsantrasyonları toplamının 200 ppb dw'yi geçmemesini önermektedir (WHO, 2003).

Tablo 2'de listelenen PAH'lar için toksik eşdeğerlik faktörlerinin (TEF) geliştirilmesi ve oluşturulması, PAH karışımlarının kanserojen özelliklerini daha kesin bir şekilde karakterize etmeye yardımcı olabilmektedir. USEPA, PAH'ları kanserojen ve kanserojen olmayan bileşiklerden oluşanlar şeklinde iki alt sınıfa ayırmıştır. Benzo(a)piren referans bileşik olarak kullanılmak suretiyle, kanserojen PAH'lara 1, kanserojen olmayanlara 0 TEF değerleri uygulanmaktadır (USEPA, 1984). Bununla birlikte, mevcut bilgiler diğer kanserojen PAH'ların BaP'den daha düşük bir potansiyele sahip olduğunu ve bu nedenle EPA yaklaşımının riskin fazla tahmin edilmesine yol açtığını göstermiştir. Sonrasında, Nisbet ve LaGoy (1992) tarafından daha fazla TEF değeri önerilmiş (1992) ve bireysel PAH'ların göreceli gücü hakkındaki gerçek bilgi durumunu daha iyi yansıtan görünen yeni bir TEF listesi hazırlamıştır (Petry et al., 1996).

Birçok insan, tüketme hızının artmasıyla balık veya deniz ürünlerini de beslenmesine dahil ettiğinden kanserojen özellik gösteren BaP ve PAH'ları bünyesine daha fazla ve hızlı almaktadır. Son yıllarda, BaP yerine bütün PAH fraksiyonlarının potansiyel kanserojenliğini tahmin etmek için benzo(a)piren eşdeğer karsinojenik güç (BaPE) tanımlanmıştır, çünkü BaP ışık veya oksidanlar tarafından kolayca ayrışır ve toplam PAH'ların kanserojenliği hafif görülebilir (Bi et al., 2005; Kavouras et al., 2001; Mastral et al., 2003). BaPE, aşağıdaki denklem kullanılarak hesaplanabilir:

$$\text{BaPE} = 0,06 \times \text{BaA} + 0,07 \times \text{BFA} + \text{BaP} + 0,6 \times \text{dBaH} + 0,08 \times \text{IP}$$

Ayrıca, PAH'ların diyet alımları aşağıdaki eşitlik temelinde belirlenir:

$$\text{Diyet alımı} = \text{PAH konsantrasyonu} \times \text{tüketim oranı}$$

Buna göre dünya genelinde yapılmış çalışmalar da bulunmaktadır. Ortalama yetişkin Kuveytli tüketicinin ΣPAH ve benzo (a) piren eşdeğerlerine (BaPEs) maruz kalma süresinin sırasıyla 1,3 mg/gün ve 0,0013 mg/gün olduğu tahmin edilmiştir (Alomirah et al., 2009). Bir araştırmada, yetişkinler için beslenmenin % 12'sinin balık ve kabuklu deniz hayvanları olacak şekilde yapıldığında toplam PAH diyet alımının günde 7,35 mg olduğu tahmin edilmiştir (Falcó ve ark. 2003), sonuç olarak da yalnızca balıktan alınan PAH'ın günde 0,88 mg olduğu hesaplanmıştır. Bu da Ibàñez ve diğ (2005) tarafından daha önce rapor edilen değerden yüksektir.



| Bileşen  | USEPA 1984 | Nisbet ve LaGoy (1992) |
|----------|------------|------------------------|
| Nap      | 0          | 0,001                  |
| Acl      | 0          | 0,001                  |
| Fl       | 0          | 0,001                  |
| Ac       | 0          | 0,001                  |
| Phe      | 0          | 0,001                  |
| An       | 0          | 0,01                   |
| Fa       | 0          | 0,001                  |
| Py       | 0          | 0,001                  |
| Chr      | 1          | 0,01                   |
| BaA      | 1          | 0,1                    |
| B(b+k)FA | 1          | 0,1                    |
| BaP      | 1          | 1                      |
| DBahA    | 1          | 1                      |
| IP       | 1          | 0,1                    |
| BghiP    | 0          | 0,01                   |

**Tablo 2.** PAH'lar için önerilen toksik eşdeğerlik faktörleri (TEF)

Tüm bunların yanısıra, SV olarak belirtilen tarama değeri, vücut ağırlığının ve tüketim oranının sırasıyla 70 kg ve 142.4 g/gün olduğu varsayıldığında, halk sağlığı açısından önemli olan, yenilebilir dokudaki kimyasal konsantrasyon olarak tanımlanır (USEPA, 2000). Bu değerler tüketiciye göre farklılık gösterebilmektedir. PAH'ların kanserojen etkisi için SV aşağıdaki eşitlik temelinde hesaplanmıştır (USEPA, 2000):

$$SV = [(RL \times CSF)] \times BW / CR$$

Buradaki SV tarama değeri ( $\mu\text{g/g}$ ); BW vücut ağırlığı (kg); CR tüketici oranı (g/gün); CSF oral kanser eğim faktörü [ $\mu\text{g/g/gün}$ ]; RL maksimum kabul edilebilir risk seviyesidir.

Nozar ve ark. (2013)'a göre, Hormozgan eyaleti nüfusu için hesaplanan SV (tarama değeri), vücut ağırlığı ve tüketim oranı ile ilgili yerel bilgilere dayanarak 1.825 ng / g'dir.

Şubat 2005'ten bu yana Avrupa Yönetmeliği 208/2005 /EC'de deniz kabulularında ve kafadan bacaklılarda BaP için kabul edilebilir maksimum konsantrasyon olarak 5 ppb ww belirlenirken, balık kasları için 2 ppb ve kabuklu deniz hayvanları için 10 ppb ww olarak izin verilmiştir (Perugini et al., 2007). Organizmaların dokularındaki kirlleticilerin biyokonsantrasyon veya biyoakümülyasyonunu anlamak esastır. Biyoakümülyasyon, organizmada bulunan bir bileşiğin oranını ve çevresindeki ortamdaki konsantrasyonu tanımlar. Bu faktör kimyasalın stabilitesinin bir fonksiyonudur, aynı zamanda vücudun yağında, yani lipofilitesinde nasıl birikeceğidir. Birikme, insan türleri de dahil olmak üzere tüketici organizmaları için risk oluşturur.

Avrupa Birliği'nde PAH'lar için, özellikle gıdadaki benzo(a)piren için maksimum seviye, 1881/2006 sayılı Komisyon Tüzüğü'nde belirtilmiştir. Yönetmelikte azami PAH değerleri veren gıda maddeleri yağ ve katı yağlar, hindistancevizi yağı, fume eti ve tütsülenmiş et ürünleri, tütsülenmiş balık kas eti, fume konservesi, tütsülenmiş yumuşakçalar, işlenmiş tahıl bazlı gıda ve bebek mamalarıdır. Benzo(a)piren seviyelerinin resmi kontrolleri için numune alma ve analiz metotları için hüküm 333/2007 sayılı Komisyon Tüzüğü'nde belirtilmiştir. Bu düzenlemeler PAH'lar hakkındaki EFSA Bilimsel Görüşünü temel almak-



tadır. 2011 yılında, revize edilen gıdalardaki PAH'lar için maksimum seviyeler, 1881/2006 sayılı Tüzüğü değiştiren (EC) 835/2011 sayılı Komisyon Tüzüğünde yayımlanmıştır. Bu revizyonda, işaret maddesi benzo(a)pirenenin sınır değerleri, gıdalarda PAH'ların oluşumunun göstergesi olarak daha uygun olan PAH<sub>4</sub> olarak adlandırılan dört farklı PAH'ın toplamıyla değiştirildi. PAH<sub>4</sub>, benzo [a] piren, benz(a)antrasen, benzo(b)fluoranthen ve krizenin toplamından oluşmaktadır.

## SONUÇ

Sürekli artan antropojenik ve denizcilik faaliyetlerinden dolayı deniz ortamındaki önemli kirlilik, daha fazla dikkat edilmesi gereken bir konudur. PAH'lar, yüksek toksisite, yüksek çevresel stabilite ve yüksek hidrofobiklik ile karakterize edilir, sonuçta insan vücudunun son hedefi olan trofik zincir yoluyla biriktirilirler ve Su Çerçeve Direktifinin öncelikli maddelerine dahil edilirler. PAH'ların çevredeki dağılımları ve potansiyel insan sağlığı riskleri büyük ilgi odağı olmuştur. Pek çok PAH bileşiğinin kanserojen özellikleri göz önüne alındığında, ortamdaki artan konsantrasyonları endişe verici olarak değerlendirilmeli ve mümkün olan her yerde bunları azaltmak veya ortadan kaldırmak için çaba gösterilmelidir.

## KAYNAKLAR

1. Abdel-Shafy HI, Mansour MSM. (2015). A review on polycyclic aromatic hydrocarbons: source, environmental impact, effect on human health and remediation. Egypt J Petrol 25:107-23.
2. Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). (1995). Toxicological profile for polycyclic aromatic hydrocarbons. Atlanta (GA): Department of Health and Human Services. Public Health Service.
3. Alomirah H, Al-Zenki S, Husain A, et al. (2009). Dietary exposure to polycyclic aromatic hydrocarbons from commercially important seafood of the Arabian Gulf. J Food Agric Environ 7:9-15.
4. Armstrong BG, Hutchinson E, Unwin J, Fletcher T. (2004). Lung cancer risk after exposure to polycyclic aromatic hydrocarbons: a review and meta-analysis. Environ Health Perspect 112:970-8.
5. Arctic Monitoring and Assessment Program (AMAP). (1998). The arctic monitoring and assessment program: arctic pollution issues: a state of the arctic environment report. Oslo, Norway: Arctic Monitoring and Assessment Program.
6. Bach PB, Kelley MJ, Tate RC, McCrory DC. (2003). Screening for lung cancer: a review of the current literature. Chest 123:72-82.
7. Balcıoğlu, EB, Aksu A, Balkis N, Öztürk B. (2014). T-PAH contamination in Mediterranean mussels (*Mytilus galloprovincialis*, Lamarck, 1819) at various stations of the Turkish Straits System. Mar Pollut Bull 88: 344-6.
8. Balcıoğlu E.B. (2016) Assessment of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in mussels (*Mytilus galloprovincialis*) of Prince Islands, Marmara Sea, Marine Pollution Bulletin, vol.109, pp.640-642.
9. Balcıoğlu E.B., Aksu A., Çağlar N., Öztürk B. (2017) Origin and distribution of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in Mediterranean mussels (*Mytilus galloprovincialis*, Lamarck, 1819) of the Turkish Straits System, Poly. Arom. Comp., vol.1, pp.12-20.
10. Bhargava A, Khanna RN, Bhargava SK, Kumar S. (2004). Exposure risk to carcinogenic PAHs in indoor-air during biomass combustion whilst cooking in rural India. Atmos Environ 38:4761-7.

11. Bi XH, Sheng GY, Peng PA, et al. (2005). Size distribution of n-alkanes and polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in urban and rural atmospheres of Guangzhou, China. *Atmos Environ* 39:477-87.
12. CCME (Canadian Council of Ministers of the Environment). (2010). Canadian soil quality guidelines for potentially carcinogenic and other PAHs: scientific criteria document. Winnipeg: CCME.
13. Cheung KC, Leung HM, Kong KY, Wong MH. (2007). Residual levels of DDTs and PAHs in freshwater and marine fish from Hong Kong markets and their health risk assessment. *Chemosphere* 66:460-8.
14. Commission Regulation (EC). (2006). No. 1881/2006 of 19 December 2006 setting maximum levels for certain contaminants in foodstuffs OJ L364/5.
15. Commission Regulation (EC). (2007). No. 333/2007 of 28 March 2007 laying down the methods of sampling and analysis for the official control of the levels of lead, cadmium, mercury, inorganic tin, 3- MCPD and benzo(a)pyrene in foodstuffs OJ L88/29.
16. Commission Regulation (EC). (2011). No. 835/2011 of 19 August 2011 amending Regulation EC No. 1881/2006 as regards maximum levels for polycyclic aromatic hydrocarbons in foodstuffs OJ L215/4.
17. Culotta L, De Stefano C, Gianguzza A, et al. (2006). The PAH composition of surface sediments from Stagnone coastal lagoon,
18. Marsala, Italy. *Mar Chem* 99:117-27.
19. De Boer J, Law RJ. (2003). Developments in the use of chromatographic techniques in marine laboratories for the determination of halogenated contaminants and polycyclic aromatic hydrocarbons. *J Chromatogr A* 6:1-2.
20. De Luca G, Furesi A, Leardi R, et al. (2004). Polycyclic aromatic hydrocarbons assessment in the sediments of the Porto Torres Harbor (Northern Sardinia, Italy). *Mar Chem* 86:15-32.
21. Dejmek J, Solansk{ I, Benes I, et al. (2000). The impact of polycyclic aromatic hydrocarbons and fine particles on pregnancy outcome. *Environ Health Perspect* 108:1159-64.
22. Dewailly E, Knap A. (2006). Food from the oceans and human health: balancing risks and benefits. *Oceanography* 19:84-93.
23. Eggleton J, Thomas KV. (2004). A review of factors affecting the release and bioavailability of contaminants during sediment disturbance events. *Environ Int* 30:973-80.
24. Ergül H, Pekey B, Karademir A, et al. (2010). PAH/PCB concentrations in mussels (*Mytilus galloprovincialis*) from Izmit Bay. *Rapp Comm Int Mer Medit* 39:248.
25. Falcó G, Domingo JL, Llobet JM, et al. (2003). Polycyclic aromatic hydrocarbons in foods: human exposure through the diet in Catalonia, Spain. *J Food Prot* 66:2325-31.
26. Fent K. (2004). Ecotoxicological effects at contaminated sites. *Toxicology* 205:223-40.
27. Fleming LE, Broad K, Clement A, et al. (2006). Oceans and human health: Emerging public health risks in the marine environment. *Mar Pollut Bull* 53:545-60.
28. Gardner WS, Lee RF, Tenore KR, Smith LW. (1979). Degradation of selected polycyclic aromatic hydrocarbons in coastal sediments: importance of microbes and polychaete worms. *Water Air Soil Pollut* 11:339-47.
29. Gordon DC, Keizer PD, Hardstaff WR, Aldous DG. (1976). Fate of crude oil spilled on seawater contained in outdoor tanks. *Environ Sci Technol* 10:580-5.
30. Heintz RA, Rice SD, Wertheimer AC, et al. (2000). Delayed effects on growth and ma-

- rine survival of pink salmon *Oncorhynchus gorbusha*, after exposure to crude oil during embryonic development. *Mar Ecol Prog Ser* 208:205–16.
31. Helgason LB, Barrett R, Lie E, et al. (2008). Levels and temporal trends (1983–2003) of persistent organic pollutants (POPs) and mercury (Hg) in seabird eggs from Northern Norway. *Environ Pollut* 155:190–8.
  32. Hinga KR, Pilson MEQ, Lee RF, et al. (1980). Biogeochemistry of benzantracene in an enclosed marine ecosystem. *Environ Sci Technol* 14:1 136–143.
  34. Hylland K. (2006). Polycyclic aromatic hydrocarbon (PAH) ecotoxicology in marine ecosystems. *J Toxicol Environ Health A* 69:109–23.
  35. Ibañez R, Agudo A, Berenguer A, et al. (2005). Dietary intake of polycyclic aromatic hydrocarbons in a Spanish population. *J Food Prot* 68:2190–5.
  36. Karacık B, Okay OS, Henkelmann B, et al. (2009). Polycyclic aromatic hydrocarbons and effects on marine organisms in the Istanbul Strait. *Environ Int* 35:599–606.
  37. Kavouras IG, Koutrakis P, Tsapakis M, et al. (2001). Source apportionment of urban particulate aliphatic and polynuclear aromatic hydrocarbons (PAHs) using multivariate methods. *Environ Sci Technol* 35: 2288–94.
  38. Klamer JC, Hegeman WJM, Smedes F. (1990). Comparison of grain size correction procedures for organic micropollutants and heavy metals in marine sediments. *Hydrobiologia* 208:213–20.
  39. Küçüksezgin F, Pazi I, Yucel-Gier G, et al. (2013). Monitoring of heavy metal and organic compound levels along the Eastern Aegean coast with transplanted mussels. *Chemosphere* 93:1511–8.
  40. Lawrence JF, Weber DF. (1984). Determination of polycyclic aromatic hydrocarbons in some Canadian commercial fish, shellfish, and meat products by liquid chromatography with confirmation by capillary gas chromatography-mass spectrometry. *J Agric Food Chem* 32:789–94.
  41. Lee RF, Gardner WS, Anderson JW, et al. (1978). Fate of polycyclic aromatic hydrocarbons in controlled ecosystem enclosures. *Environ Sci Technol* 12:732–8.
  42. Lee SD, Grant L. (eds.). (1981). Health and ecological assessment of polynuclear aromatic hydrocarbons. Park Forest South, IL: Pathotex Publ., 364 pp.
  43. Llobet JM, Falco G, Bocio A, Domingo JL. (2006). Exposure to polycyclic aromatic hydrocarbons through consumption of edible marine species in Catalonia, Spain. *J Food Prot* 69:2493–9.
  45. Lo MT, Sandi E. (1978). Polycyclic aromatic hydrocarbons (polynuclears) in foods. *Residue Rev* 69:35–86.
  46. Mastral AM, Lopez JM, Callen MS, et al. (2003). Spatial and temporal PAH concentrations in Zaragoza, Spain. *Sci Total Environ* 307: 111–24.
  47. Menzie CA, Potocki BB, Santodonato J. (1992). Exposure to carcinogenic PAHs in the environment. *Environ Sci Technol* 26:1278–84.
  48. Mohammadizadeh M, Darvish Bastami K, Khazaali A, et al. (2013). *Comp Clin Pathol* 23:961–6.
  49. Moura JF, Cardozo M, Belo MS, et al. (2011). A interface da saude publica com a saude dos oceanos: producao de doencas, impactos socioeconomicos e relacoes beneficas. *Cienc Saude Colet* 16: 3469–80.
  50. Nadal M, Schuhmacher M, Domingo JL. (2004). Levels of PAHs in soil and vegetation

- samples from Tarragona County, Spain. *Environ Pollut* 132:1–11.
51. Naz RK. (1999). Endocrine disruptors, effects on male and female reproductive systems. Boca Raton (FL): CRC Press LLC.
  52. Neff JM. (1982a). Accumulation and release of polycyclic aromatic hydrocarbons from water, food, and sediment by marine animals. In: Richards NL, Jackson BL, eds. Symposium: carcinogenic polynuclear aromatic hydrocarbons in the marine environment. U.S. Environ. Protection Agency Rep. 600/9-82-013; Gulf Breeze, FL, 282–320.
  53. Neff JM. (1982b). Polycyclic aromatic hydrocarbons in the aquatic environment and cancer risk to aquatic organisms and man. In: Richards NL, Jackson BL, eds. Symposium: carcinogenic polynuclear aromatic hydrocarbons in the marine environment. U.S. Environ. Protection Agency Rep. 600/9-82-013; Gulf Breeze, FL, 385–409.
  54. Neff JM. (1985). Polycyclic aromatic hydrocarbons. In: Rand GM, Petrocelli SR, eds. Fundamentals of aquatic toxicology. New York: Hemisphere Publ Corp., 416–54.
  55. Nikolaou A, Kostopoulou M, Lofrano G, et al. (2009). Levels and toxicity of polycyclic aromatic hydrocarbons in marine sediments. *TrAC – Trends Anal Chem* 28:653–64.
  56. Nisbet C, LaGoy P. (1992). Toxic equivalency factors (TEFs) for polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs). *Regul Toxicol Pharmacol* 16:290–300.
  57. Nozar SLM, Ismail WR, Zakaria MP. (2013). Residual concentration of PAHs in seafood from Hormozgan Province, Iran: human health risk assessment for urban population. *Int J Environ Sci Dev* 4:393–7.
  58. Omodara NB, Amoko JS, Ojo BM. (2014). Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in the environment, sources, effects and reduction risks. *Sky J Soil Sci Environ Man* 3:96–101.
  59. Perera FP, Tang D, Wang S, et al. (2012). Prenatal polycyclic aromatic hydrocarbon (PAH) exposure and child behavior at age 6–7 years. *Environ Health Perspect* 120:921–6.
  60. Perugini M, Visciano P, Giammarino A, et al. (2007). Polycyclic aromatic hydrocarbons in marine organisms from the Adriatic Sea, Italy. *Chemosphere* 66:1904–10.
  61. Petry T, Schmid P, Schlatter C. (1996). The use of toxic equivalency factors in assessing occupational and environmental health risk associated with exposure to airborne mixture of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs). *Chemosphere* 32:639–48.
  62. Porte C, Albaige's J. (1993). Bioaccumulation patterns of hydrocarbons and polychlorinated biphenyls in bivalves, crustaceans and fishes. *Arch Environ Contam Toxicol* 26:273–81.
  63. PRB. (2007). World population highlights: key findings from PRB's 2007 world population data sheet: Population Reference Bureau.
  64. Rainio K, Linko R, Ruotsila L. (1986). Polycyclic aromatic hydrocarbons in mussel and fish from the Finnish Archipelago Sea. *Bull Environ Contam Toxicol* 37:337–43.
  65. SCF. Annex. (2002). PAHs – occurrence in foods, dietary exposure and health effects. Brussels: SCF.
  66. Sarhadizadeh N, Afkhami M, Ehsanpour M, Cheraghi M. (2014). Assessment of PAHs pollution effects on blood metabolic factors of *Periophthalmus waltoni* from northern coast of the Persian Gulf. *Eur J Exp Biol* 4:13–8.
  67. Telli-Karakoc F, Tolun L, Henkelmann B, et al. (2002). Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) and polychlorinated biphenyls (PCBs) distributions in the Bay of Marmara sea: Izmit Bay. *Environ Pollut* 119:383–97.
  68. USEPA. (1980). Ambient water quality criteria for polynuclear aromatic hydrocar-

- bons. U.S. Environ. Protection Agency. Rep. 440/5-80-069, 193 pp.
69. USEPA. (1984). Health effect assessment for polycyclic aromatic hydrocarbon (PAH). EPA 549/1-86-013. Cincinnati (OH): Environmental Criteria and Assessment Office.
  70. USEPA. (2000). Guidance for assessing chemical contaminant data for use in fish advisories- Fish sampling and analysis. Vol. 1. 3rd ed. (EPA823-R-B-00-007). Washington (DC): Office of Water.
  71. Valavanidis A, Vlachogianni T, Triantafillaki S, et al. (2008). Polycyclic aromatic hydrocarbons in surface seawater and in indigenous mussels (*Mytilus galloprovincialis*) from coastal areas of the Saronikos Gulf (Greece). *Estuar Coastal Shelf Sci* 79:733–9.
  72. Vieites DR, Nieto-Roman S, Palanca A, et al. (2004). European Atlantic: the hottest oil spill hotspot worldwide. *Naturwissenschaften* 91:535–8.
  73. Wernersson AS, Dave G, Nilsson E. (2000). Assessing pollution and UVenhanced toxicity in Torsviken, Sweden, a shallow bay exposed to contaminated dredged harbour sediment and hazardous waste leachate. *Aquat Ecosyst Health Manage* 3:301–16.
  74. WHO (World Health Organization). (2003). Polynuclear aromatic hydrocarbons in drinking water. Background document for development of WHO Guidelines for Drinking-water Quality [WHO/SDE/ WSH/03.04/59].
  75. WHO. (2005). Summary and conclusions of the sixty-fourth meeting of the joint FAO/WHO expert committee on food additives. Rome: World Health Organization.
  76. Yim UH, Hong SH, Shim WJ. (2007). Distribution and characteristics of PAHs in sediments from the marine environment of Korea. *Chemosphere* 68:85–92.
  77. Yu YX, Zhang SH, Huang NB, et al. (2012). Polybrominated diphenyl ethers and polychlorinated biphenyls in freshwater fish from Taihu Lake, China: their levels and the factors that influence biomagnification. *Environ Toxicol Chem* 31:542–9.
  78. Zaghdien H, Kallel M, Elleuch B, et al. (2007). Sources and distribution of aliphatic and polyaromatic hydrocarbons in sediments of Sfax, Tunisia, Mediterranean Sea. *Mar Chem* 105:70–89.



# Şırnak ve Cizre Yörel Yerleşim Alanlarındaki Heyelanların Jeoteknik Analizi, Olası Heyelan Tehlike Değerlendirmesi ve Haritalaması

**Yıldırım İsmail TOSUN<sup>1</sup>**

## CHAPTER 3

---

<sup>1</sup> Dr. Öğr. Üyesi, Şırnak Üniversitesi, Mühendislik Fak., Maden Mühendisliği Bölümü, Şırnak





## 1. GİRİŞ

Şırnak ili ve çevresindeki alanların jeolojik haritası yapılarak, yüzey birimlerin mühendislik jeoteknik özellikleri belirlenmiştir (Anbalagan 1992). Yamaçların, büyük ölçekli topografik haritalar üzerine jeoloji haritası işlenmesi bölgedeki ilk heyelan çalışmalarından biri olmuştur. Yamaçların mühendislik özelliklerinin belirlenmesiyle, gelecekte belediye imar planlarının yapılandırılmasında önemi ve alanın jeoteknik kritiğine dikkat çekilmesi amaçlanmıştır.

Heyelan, dağlık bölgelerde eğimli yamaçlardaki büyük toprak kütlelerinin veya kayaların yerçekimi, eğim, su, iklimsel faktörler, tektonizma, ayrışma gibi olayların etkisiyle yamaç aşağı kaymasıdır (Cernica, 1995, Chen vd. 2008). Kitle hareketlerini tetikleyen başlıca faktörler yerçekiminin yanı sıra, kayan malzemenin jeolojisi, yağışlar, erozyon, deprem ve bitki örtüsü yoksunluğu olarak sıralanabilir. Heyelan tehlikesinin belirlenmesinde ve gelecekte oluşabilecek heyelanların tahmin edilebilmesinde limit gerilme ve denge analizleri doğru sonuçlar vermektedir (Das, 1994, Dramis vd. 1994).

Yüksek tehlike içeren alanlarda, artan nüfus yoğunluğu ile, heyelan ve ilişkili olaylar oransal olarak artacaktır. Bu heyelanların süreçlerinden doğan riskleri elimine etmek ve azaltmak çok zordur. Bu gibi doğal olayların karakterini daha iyi anlamaya ve daha tahmin edici araçlar geliştirmeye acil ihtiyaç vardır.

Yoğun yağışlar, sismik, yer altı su seviyesinde yaşanan değişimler, erozyon, iklim, ayrışma gibi süreçler, topografyası keskin alanlarda heyelanları tetikleyici doğal parametreleri oluşturur. Bu etkiler kayma gerilmesini artırır veya yamaç malzemesinin kayma direncini düşürür (Güz, 1982, Ulusoy 1989). Heyelanı tetikleyen diğer önemli parametre kentsel faaliyetlerdir. Nüfusun artması ve yeni yaşam alanları oluşturmak insanları jeolojik tehlike arz eden yamaçlara yerleşmeye zorlamıştır. Yamaçlarda gelişen kentleşmenin getirdiği, konut, ticaret, sosyal alanların yaratılması ve alt yapı faaliyetleri gerçekleştirilmesi gibi kentsel kullanımların hayata geçirilmesi duraylılığı bozabilmekte ve heyelanları tetikleyen insan aktivitelerini oluşturmaktadır.

Özellikle gelişmekte olan ülkelerde, dağlık alanlardaki arazi topolojiye uygun olarak kullanılmamakta ve yanlış arazi kullanımı heyelan gelişme olasılığını arttırmaktadır. Heyelan riskli alanların fiziksel çevresi, değişimi ve verimliliği açısından sürdürülebilirlik sağlanamamaktadır.

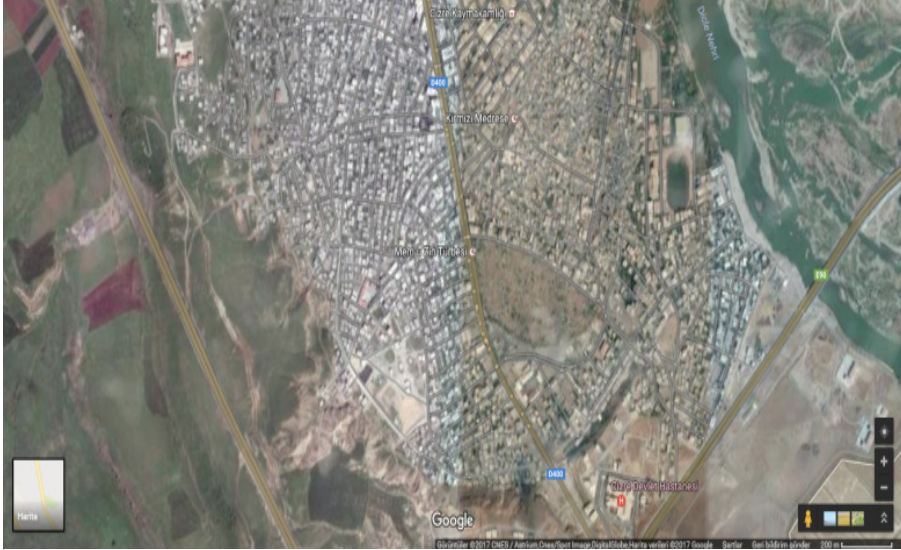
Her yıl çok ağır yaşam kayıplarına sebep olan, yarattıkları maddi hasar ise milyonlarca lirayı bulan heyelanlar dünyada olduğu gibi Türkiye’de de en önemli jeoteknik tehlikelerden birisidir (Güz, 1982, Ulusoy 1989). Ülkede son yıllarda gelişen önemli heyelanlar, araştırmacılar (Höek 1982) tarafından farklı yöntemler ile araştırılmakta ve jeoteknik karakterleri ve oluşum süreçleri belirlenmektedir. Benzer jeoteknik şartlara sahip alanlar için araştırmacıların iki temel teorisi vardır (Ulusoy, 1989). Birisi, heyelanlar, geçmişte olduğu gibi aynı jeolojik, jeomorfolojik, hidrojeolojik, iklimsel şartlarda oluşurlar. Bir diğeri ise, heyelanların tipleri ve özellikleri de aynı olacaktır. Bundan dolayı geçmiş heyelanların mekanizmasını ve özelliklerini bilmek, gelecekte, komşu bölgelerde veya jeoteknik olarak benzer alanlarda gelişebilecek heyelanları değerlendirmek için önemli bir temel bilgi oluşturmaktadır. Özellikle gelişmekte olan ülkelerde, dağlık alanlardaki arazi topolojiye uygun olarak kullanılmamakta ve yanlış arazi kullanımı heyelan gelişme olasılığını arttırmaktadır. Bu sebeple, ilgili alanın fiziksel çevresi, değişimi ve verimliliği açısından sürdürülebilirlik sağlanamamaktadır.

Heyelanların sebep olduğu veya olabileceği ekonomik ve sosyal kayıpların, can kayıplarının en aza indirilebilmesi için yamaçların jeolojik ve jeoteknik analizlerinin yapılması gerekir. Bu yönde, Şırnak ili (Şekil 1) alanı içerisinde, kentin güneyinde ve merkeze 2-4 km mesafede olan semtlerde oluşan heyelanların bulunduğu yamaçların jeoteknik özellikleri

incelenerek duraylılık analizleri farklı yöntemlerle GEO5 programıyla gerçekleştirilmiştir. Bu proje kapsamında kentsel kullanıma açılacak olan çalışma alanı ve çevresini kapsayan 7 km<sup>2</sup>'lik alanda 1/5.000 ölçekli mühendislik jeolojisi haritası arazi ve laboratuvar çalışmaları sonucunda hazırlanmış ayrıca kutupsal koordinat sistemi kullanılarak arazi çalışmalarıyla her dört yamaca ait topoğrafik harita oluşturulmuştur.

## 2. ŞIRNAK İLİ JEOLJİSİ

Güneydoğu Anadolu Bölgesi tektonik yapısı ve stratigrafisi itibarıyla jeotermal enerji için gerekli hazne kaya ve örtü kaya özelliklerine sahip olmasının yanında, bölgede oluşan fay sistemleri ve özellikle gerilme çatlakları boyunca yerin derinliklerine kadar inen sular jeotermal enerji için gerekli akışkanın oluşmasını sağlayabilecek konumdadır (Altınlı, 1978). Bölge genelinde kuzey-güney yönlü sıkışmanın etkisiyle yer kabuğu doğu-batı yönünde bir gerilmeye tabi olmuş ve oluşan gerilme çatlakları boyunca astenosferden olivinli bazaltik magma yükselmiştir.



Şekil 1. Cizre İlçesi Uydu Haritası 1/20000.



**Şekil 2.** Cizre ilçesi Yerleşim Alanı Uydu Haritası 1/15000.

Diyarbakır-Şanlıurfa-Mardin arasında kalan Karacadağ bölgesinde, Gaziantep Yavuzeli yöresinde ve İdil-Cizre yöresinde yüzeye kadar çıkan bazaltik magma birkaç evre halinde akarak geniş alanları lav akıntıları altında bırakmıştır. Batman'ın kuzeyinde olduğu gibi, yeryüzüne ulaşmayan magma birkaç yerde sokulumlar yaparak sıcak alanlar meydana getirmiştir. Bu durum MTA Genel Müdürlüğü tarafından yapılan, bölgenin jeolojik haritasında açıkça görülmektedir. İnceleme alanındaki 4 litostratigrafi birimi yaşlıdan gence Mardin Volkanitleri (Üst Miyosen) (Altınlı, 1982, Ulusoy 1989), Eski Alüvyon (Kuvaterner), Yeni Alüvyon (Kuvaterner) ve Yamaç Molozu (Kuvaterner) olarak ayrıtılmıştır. Volkanitleri, Tüf, aglomera ve andezitik bazaltik lavlardan oluşmaktadır. İnceleme alanının büyük bir bölümünü oluşturan spilitik bazalt lavları, çalışma alanında kadar yüzeylenme gösterirler.

Son yıllarda gerek üniversitemizin ilimizde açılması gerekse de kırsaldan illere doğru olan göç hareketi Şırnak'ı da etkilemiştir. Şırnak ilindeki bina üretimi büyük bir hızla artmaya devam etmiştir. Aşırı göç nedeniyle konut talebi de artmıştır. Bu talep artışı yapı üretimi konusunda ehil olmayan kişilerin yapım sektörüne girmesine, denetim mekanizmasının yoğun yapı üretimini denetleyememesine, imar planına dâhil olmayan alanların hızla imara açılmasına neden olmuştur. Ülkemizdeki binaların büyük çoğunluğu yeterli zemin araştırması yapılmadan inşa edilmektedir. Şırnak merkezinde genelde bitişik nizamlı konut binaları bulunmaktadır. Şırnak'ta tür yeni yapılaşmaların, komşu parsel zemin kayması ve bazen de mevcut bina varsa yıkılması (veya yapı temelinin dönmesi ile yapısal hasar verilmesi) veya temel ve temel zemini problemleri nedeni ile yıkıldığı zannedilmektedir. Son olarak Uğur Spor Tesisi Halı Saha faciası -2013, Şırnak Tarım İl binası -2012 (Yenimahalle Cizre caddesi 458 ada-16 parseldeki) heyelanı ve komşu parsel temel kazı çalışması esnasında meydana gelen birçok yapı temelinin dönmeye uğraması olarak (Lambe ve Whitman, 1969, Park 2005) sıralayabiliriz. Bu nedenler çerçevesinde, ilimizde yapılacak olan yeni binalar ve imara açılacak yeni bölgelerin, bölgeler ve parsel bazında zemin durumunun araştırılması artık elzem hale gelmiştir (Şekil 3).



**Şekil 3.** Şırnak ili Tarım Lojman Binası Kazı sonrası Heyelan

Şırnak ili için diğer bir konu; olası bir depremlerde meydana gelebilecek hasarlarının nedenleri mimari ve mühendislik hataları yanında denetim mekanizmasının eksikliği ve imalat sürecindeki yapıım kusurlarından kaynaklanacaktır. Şırnak ili 2. Derece deprem bölgesinde bulunmaktadır ve yukarıda saydığımız bu yetersizlikler ilimizde de görülmektedir. Şekil 3 de görüleceği üzere 1 Beytüşşebap ilçesinin deprem riskine karşılık Uludere Ortağ ilçelerinde risk 1 derecede olmaktadır. Cizre ve Merkez 2 derece riskli alanlardır.



**Şekil 4.** Şırnak İli Deprem Risk Haritası

Örnek olarak;

- Ağır çıkmalı bina yapıları,
- Depreme dayanıksız (perdesiz) asmolen türü yapılar,
- Gerçek manada bodrumu olmayan yüksek katlı bina türü yapılar,
- Zemin koşullarına dikkat edilmeden tasarlanmış konutlar dikkatten kaçmamıştır.

Bölgesel ve/veya parsel bazında meydana gelebilecek zemin hareketleri çok farklı düzensiz yerleşim alanlarında gözlenmiştir.







**Şekil 6.** Şırnak İli Yerleşim ve İnceleme alanının Uydu kontur topografyası 1/15000.

Örselenmemiş örnekler üzerinde ise kesme kutusu deneyleri yardımı ile örnekler için efektif kohezyon ( $c'$ ) ve efektif kayma direnci açısı ( $\phi'$ ) bulunmuştur. (TS 1900, TS 1901)

Kesme Kutusu deneyinde kullanılan örselenmemiş zemin örnekleri ASTM standartlarına göre sınıflandırılmış ve kumlu siltli zeminler olarak belirlenmiştir. Zemin numuneleri plastik olmayan karakter göstermektedir, ayrıca moloz ve iri boyutlu çakıl bulunmaktadır.

Ayrıca bu deneylerin yapımı esnasında malzemenin birim hacim ağırlığı, sıkıştırma miktarı ve boşluk oranı belirlenmiştir.

Plastik ve likit limit deneylerinde elde edilen sonuçlar her bir örnek için Çizelge 1'de verilmiştir. Cizre ilçesindeki zemin sınıflamasına göre C1 no'lu heyelanın içinde olduğu yamaç numuneleri az plastik ve plastik değil grubundadır, C2 ve C3 nolu heyelan tehlikesi içeren bölgede ise aynı değerlendirmeyle az plastik olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 1 ve 2 de Heyelan tehdidi oluşturan yamaçlardan alınan örnekler üzerinde yapılan jeoteknik testlerden elde edilen sonuçlar verilmiştir.

| Örnek no | Örneklerin alındığı Kot (m) | W <sub>opt</sub> , % | $c'$ (kg/cm <sup>2</sup> ) | $\phi'$ (°) | L <sub>1</sub> (%) | P <sub>1</sub> (%) | I <sub>p</sub> (%) | $v_s$ g/cm <sup>3</sup> | Birleştirilmiş Zemin sınıflaması | Y <sub>doğru</sub> ng/cm <sup>3</sup> | Y <sub>kuru</sub> g/cm <sup>3</sup> |
|----------|-----------------------------|----------------------|----------------------------|-------------|--------------------|--------------------|--------------------|-------------------------|----------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------|
| S1       | 2275                        | 15,9                 | 0,37                       | 20          | 28,0               | 18,0               | 10,0               | 2,37                    | SP(Kumlu ve çakıllı)             | 1,92                                  | 1,68                                |
| S2       | 2214                        | 12,9                 | 0,10                       | 25          | 15,0               | 14,0               | 10,0               | 2,5                     | SP(Kumlu ve çakıllı)             | 1,92                                  | 1,67                                |
| S3       | 2258                        | 10,8                 | 0,30                       | 35          | 26,0               | 18,0               | 8,0                | 2,49                    | SP(Kumlu ve çakıllı, siltli kum) | 2,09                                  | 1,89                                |
| C1       | 475                         | 25,9                 | 0,27                       | 18          | 38,0               | 21,0               | 20,0               | 2,57                    | CS(siltli ve killi)              | 1,92                                  | 1,98                                |
| C2       | 575                         | 35,4                 | 0,47                       | 17          | 33,0               | 24,0               | 20,0               | 2,57                    | CS(siltli ve killi)              | 1,92                                  | 2,08                                |
| C3       | 460                         | 33,9                 | 0,41                       | 14          | 36,0               | 22,0               | 20,0               | 2,61                    | CS(siltli ve killi)              | 1,92                                  | 2,18                                |

**Çizelge1.** Heyelanlı yamaçlardan alınan örnekler üzerinde yapılan jeoteknik testlerden elde edilen sonuçlar

| Örnek no                       | S11                      | S12                      | S21                      | S31                    | S4                       | C1                       | C2                      | C31                      | C32                      | C4                       |
|--------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| yk max<br>g/cm <sup>3</sup>    | 1,68                     | 1,89                     | 1,93                     | 1,93                   | 1,67                     | 2,05                     | 1,98                    | 1,90                     | 1,99                     | 1,98                     |
| wopt %                         | 15,9                     | 12,9                     | 10,8                     | 19,0                   | 15,8                     | 22,3                     | 23,8                    | 33,0                     | 35,9                     | 32,8                     |
| Permeabili<br>te (k)<br>(cm/s) | 5,3*1<br>0 <sup>-4</sup> | 3,0*1<br>0 <sup>-4</sup> | 5,5*1<br>0 <sup>-4</sup> | 6*1<br>0 <sup>-4</sup> | 3,8*1<br>0 <sup>-4</sup> | 1,3*1<br>0 <sup>-5</sup> | 3,31<br>0 <sup>-6</sup> | 5,2*1<br>0 <sup>-6</sup> | 3,1*1<br>0 <sup>-5</sup> | 3,1*1<br>0 <sup>-5</sup> |

Çizelge 2. Proktor ve permeabilite deney sonuçları

### 3. SONUÇLAR VE İRDELEMESİ

Zemindeki su içeriği, kil oranından önemli ölçüde etkilenecektir. Zeminin içindeki kil yüzdesine göre değerlendirildiğinde zemin örnekleri kohezyonsuz veya az kohezyonlu özellik göstermektedir.

Heyelanların bulunduğu sahalardan alınan örnekler üzerinde yapılan deneylerle elde edilen tane birim hacim ağırlıkları Çizelge 1’de gösterilmiştir. Tane boyutuna göre zemin cinslerinin belirlenebilmesi için, dane dağılım deneyi gerçekleştirilmiş ve sonuçları değerlendirilerek birleştirilmiş zemin sınıflamasındaki adları ve yerleri Çizelge 1’de verilmiştir.

Zeminin geçirgenliğini tespit etmek amacıyla sabit seviyeli geçirimsizlik deney aleti kullanılmıştır. Deney sonuçlarının değerlendirilmesiyle zeminin geçirimsizlik derecesi tespit edilmiştir (Çizelge 2). Çizelge 2 incelendiğinde S1, S2, S3 nolu yamaçların geçirimsiz zemin sınıfına girdiği görülmektedir.

Heyelanlı sahalardan alınan zemin örnekleri üzerinde yapılan Proktor deneyleri sonucunda elde edilen yk ve wopt değerleri Tablo 2 de verilmiştir. Bu deneyle birlikte zemindeki optimum su muhtevası ve maksimum kuru birim hacim ağırlık belirlenerek, yamaçların duraylılık hesaplamalarında kullanılmaktadır. Doğal bir şevin stabilitesini sıkıştırma parametreleri etkilemez. Çünkü bu parametreler istenilen şekilde sıkıştırılan zemine ait parametrelerdir. Yapay şevlerde sıkıştırma parametreleri doğrudan kullanılır. Doğal bir şevde heyelan tehlikesi varsa, sıkıştırma yapılması durumunda bu parametreler kullanılarak stabilize analizleri karşılaştırılır. Heyelan tehlikesine karşı alınacak önlemlerde şev önüne sıkıştırılmış dolgu yapılabilir veya şevde kademeli şev eğimi yapılabilir. Aynı zamanda doğal zemin bir miktar kazılarak tekrar sıkıştırma parametrelerine göre sıkıştırılır. Bu durumda stabilize analizlerinde sıkıştırılmış zemine ait parametreler kullanılabilir.

Dört ayrı yamacın farklı noktalarından alınan örneklerin, kayma direnci parametrelerini belirleyebilmek için kesme kutusu deneyi gerçekleştirilmiştir. Yapılan deneyler sonunda  $c'$  ve  $\phi'$  değerleri bulunmuştur. Heyelanların güvenlik katsayısı değerlerinin Fellenius, Bishop ve Jambu ya göre hesaplanması yapılmıştır (Hoek, 1970, Höek ve Bray 1977). Fellenius yöntemi; Bu metod da kayma yüzeyi dairesel silindirikdir. Kayan kütle mümkün olduğu kadar eşit aralıklarda dilimlere ayrılır (Paşamehmetoğlu vd., 1992).

Dilimler arası kuvvetlerin aynı doğrultuda fakat zıt yönde ve birbirine eşit olduğu kabul edilirse, bunlar analizde hesaba girmezler. Geride sadece dilim ağırlığı, zemin reaksiyonu, kohezyon, sürtünme mukavemeti ve varsa, sızıntı kuvvetleri ile dilim dengededir. Kısmen suya doygun zeminlerde drenajsız koşullarda yapılan dayanım testleriyle tayin edilen kırılma zarfı bir noktadan sonra normal gerilim eksenine paralel olmaz ve zemin hem kohezyonlu hem de içsel sürtünmeli olarak davranır. Toplam gerilim analiz yöntemi, bu koşuluda kapsayacak şekilde ve kayan kütle belirli sayıda düşey dilimlere ayrılarak stabilitenin incelenmesi amacıyla uygulanabilmektedir (Pruska, 2009, Sata, 2007).

Bishop metodu; Bütün stabilize problemlerinde olduğu gibi bu metod ta’ da başlangıç kayması bir postular olarak alınmakta ve şev limit dengedeymiş gibi kabul edilerek denge

denklemleri çıkartılmaktadır, Bishop, toplam gerilme yerine efektif gerilmelerle analizi yapmaktadır. Bu metot Taylor ve Fellenius'un getirdiği metotlardan daha ileridir (Anonim a, b, 2011). Janbu Metodu; Bu yöntem dairesel olsun olmasın her tipteki kayma yüzeyi için kullanılabilir. Şev stabilite analizlerinde homojen yarma ve dolgularda meydana gelen dairesel kaymalarla, dairesel olmayan daha genel tipteki kaymaların stabilite analizleri için dilimler arası kuvvetleri de göz önüne alan bir metottur (Ulusoy, 1982).

Herhangi bir şevdeki zeminin, çok zayıf kaya kütlelerinin veya pasa malzemesinin özellikleri şev boyunca çok sık olarak değişkenlik gösteriyorsa, ayrıca zemin-kayaç dokunağı gibi yapısal bir özellikten dolayı veya kütle içinde, düşük makaslama dayanımlı düzlemsel seviyelerin varlığı halinde dairesel kayma analiz yöntemlerinin uygulanabilirliği ortadan kalkmaktadır (Wiley, 1987). Bu tür koşullarla kaymalar; dairesel olmayan veya şev tepesine yakın kesimlerde dairesel olarak başlayan derinlerde düzlemsel olarak devam eden yüzeyler boyunca gelişmektedir (Hutchinson 1995). Duraysızlıkların bu tür kayma yüzeyleri boyunca geliştiği veya gelişebileceği şevlerin stabilitesinin incelenmesi amacıyla kullanılan bir yöntemidir.

### 3.1 Heyelanların Yamaç Haritalarının Alımı Şev Analizleri

Jeolojik ve heyelanla ilgili verilerin değerlendirilebilmesi için yamaçların 1/1000 ölçekli topoğrafik haritaları arazi çalışmalarıyla hazırlanmıştır. Harita yapımında kutupsal koordinat sistemi esas alınmış ve Topcon GTS 702 elektronik aleti kullanılmıştır. Yükseklikler 1200 m kotlu tepedeki nirengi noktasına göre verilmiştir. İnceleme alanındaki söz konusu 4 yamaç için hazırlanan topoğrafik haritalar Şekil 1 de verilmiştir. Bu 4 yamaçta, duraylılık açısından aktif ve potansiyel alanlar, arazide heyelan üzerinde yapılan yüzey çalışmaları sonucunda ayırtlanmışlardır.

Yapılan çalışmalara göre heyelanın geliştiği bölgeler ve çevresindeki göreceli hareketlerin gözlemlendiği alanlar aktif heyelan sahası olarak belirlenmiştir.

Göreceli hareketler yüzeydeki gerilme çatlaklarından yararlanılarak belirlenmiştir.

Potansiyel heyelan alanları ise söz konusu aktif sahaların çevresindeki gerilme çatlaklarının bulunduğu ancak göreceli hareketlerin şu an gözlenemediği alanlara karşılık gelmektedir. İnceleme alanında 4 ayrı yamaçtan alınan topoğrafik kesitler üzerine jeolojik yüzeylemeler işaretlenerek jeolojik kesitler hazırlanmıştır.

Yamaçlara ait güvenlik katsayıları limit denge prensibine göre çizilen değişik kayma yüzeyleri için Bishop, Janbu ve Fellenius yöntemleri ile dairesel kayma diyagramları GE05 programı kullanılmıştır (Görög ve Törög 2006, Görög ve Törög 2007). Güvenlik katsayıları sınırlamalarında ASTM standardında 1,3 olarak esas alınmıştır. Yapılan laboratuvar deneylerinde  $c'$  ve  $\phi'$  efektif ve maksimum direnç parametrelerine göre bulunmuştur. Arazide görülen gerilme çatlaklarında zaman içerisinde hareketlerin meydana geldiği bilinmektedir. Bu durumda kayma yüzeylerindeki içsel parametrelerin laboratuvarlarda bulunanlardan daha küçük çıkacağı başka deyişle kalıcı değerlere daha yakın olacağı açıktır [20]. Bu açıdan sınır güvenlik katsayısı olarak 1.35 değeri alınmıştır.

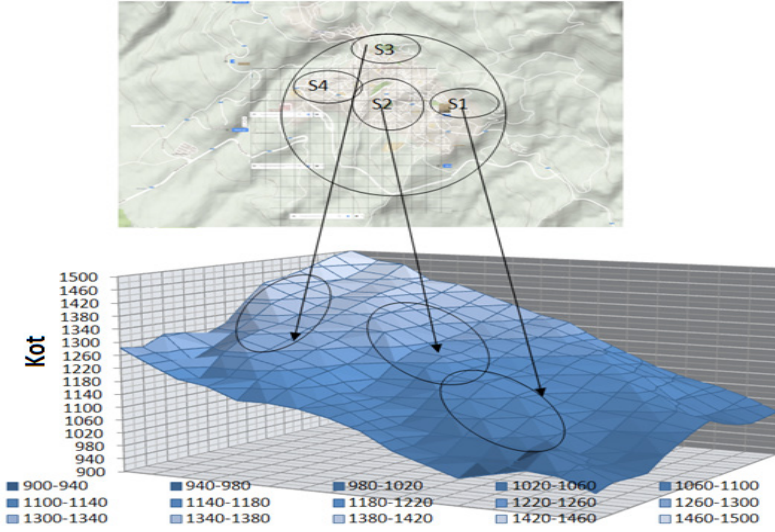
### 3.2 Şırnak İli S1 Nolu Heyelan Riskli Yamacın Etüdü

Şırnak Çakırsöğüt mevki tepe eteğinde bulunan ve birleştirilmiş zemin sınıflamasına (USCS) göre, SP, SW grubu zeminlerden oluşan S1 nolu alanda hareketler dik meyille toprak erozyonu olarak sürmüştür. Bölgede meydana gelen tektonik olaylar da, hareketleri tetikleyerek günümüze kadar sürmesine yol açmıştır. Günümüzde yağışlar sonrasında yamaçta küçük boyutlu hareketlerin olduğu yapılan arazi çalışmalarında gözlenmiştir. S1 no'lu heyelanın geliştiği yamaç, yamaç molozu ile kaplıdır (Şekil 4) . S1 nolu heyelanın tepe ve toprak noktası arasındaki maksimum kot farkı 72 m, Yamacın maksimum yüksekliği 80 m, Yamaç yüzeyi eğim açısı ise 58° dir.



İl özel İdare tarafından gerçekleştirilen sondajlardan elde edilen bilgiye göre yamaç molozu kalınlığı 11-20 m değişmektedir. Yapılan incelemelerde S1 nolu heyelanın bulunduğu yamaçta yer altı su seviyesi 15 m tabanda gözlenmiştir. S1 nolu heyelanın geliştiği yamaçta yapılan stabilite hesaplamalarında  $c' = 0,9 \text{ kg/cm}^2$ ,  $\phi' = 12^\circ$ ,  $\gamma_{\text{doğal}} = 1.97 \text{ g/cm}^3$  ve  $\gamma_{\text{kuru}} = 2.27 \text{ g/cm}^3$  değerleri kullanılmıştır.  $\gamma_{\text{kuru}}$  ve  $\gamma_{\text{doğal}}$  a göre ayrı ayrı hesaplanan olası kayma yüzeylerine ait güvenlik katsayısı değerleri Tablo 3' de görülmektedir. Hoek-Bray' a göre güvenlik katsayısı değeri ise 1.25 olarak belirlenmiştir. Tablo 3 incelendiğinde sınır güvenlik katsayısı 1.25 olarak alındığı için 1 ve 2 nolu kayma yüzeylerinin duraysız oldukları kolayca görülebilmektedir. 3 ve 4 nolu kayma yüzeyleri ise  $\gamma_{\text{kuru}}$  ya göre yapıldığında sınır değere çok yakın olduğu,  $\gamma_{\text{doğal}}$  a göre incelendiğinde ise duraysız olduğu görülmektedir.

Arazi çalışmaları boyunca bu yamaçta yapılan gözlemlerde dere de meydana gelen malzemeyi alıp götürdüğü ve yağış sonrası da ufak kopmaların, akımların meydana geldiği gözlenmiştir. Yamaca ait jeolojik harita ve heyelan kesiti ile hesaplamaların yapıldığı yüzeyler Şekil 5'te verilmiştir.



Şekil 5. Şırnak Heyelan Risk Haritası

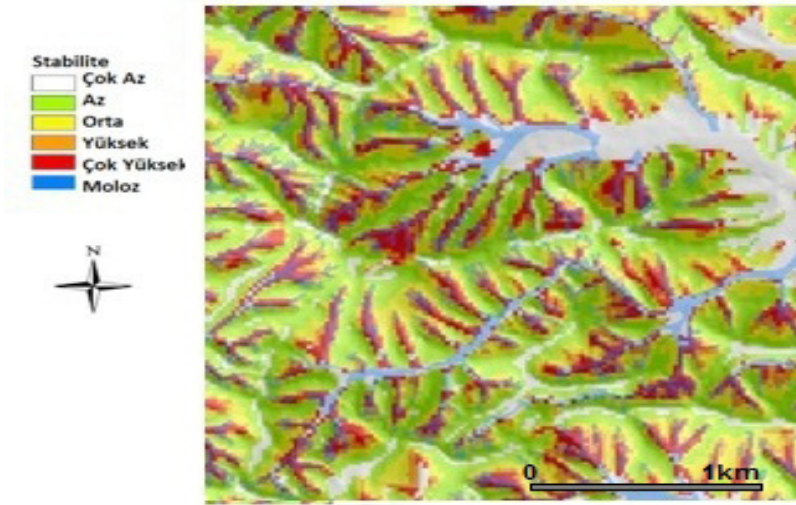
### 3.3. Cizre C1 Nolu Heyelan riskli Yamacın Etüdü

Cizre ilçesi yerleşim üstü tepe eteğinde bulunan yamaç killi zemin birleştirilmiş zemin sınıflamasına (USCS) göre, SW-SC grubu plastik zeminlerden oluşmaktadır. C1 nolu heyelan hareketleri kayma ile başlamış olup sonra derenin yol açtığı topuk erozyonu ile sürmüştür. Bölgede meydana gelen tektonik olaylar da, hareketleri tetikleyerek günümüze kadar sürmesine yol açmıştır. Günümüzde yağışlar sonrasında yamaçta küçük boyutlu hareketlerin olduğu yapılan arazi çalışmalarında gözlenmiştir. C1 no'lu heyelanın geliştiği yamaç, yamaç molozu ile kaplıdır (Şekil 9). C1 nolu heyelanın tepe ve topuk noktası arasındaki maksimum kot farkı 75 m, Yamacın maksimum yüksekliği 110 m, Yamaç yüzeyi eğim açısı ise  $38^\circ$  dir.

İl Özel İdare tarafından gerçekleştirilen sondajlardan elde edilen bilgiye göre yamaç molozu kalınlığı 11-20 m değişmektedir. Yapılan incelemelerde C1 nolu heyelanın bulunduğu yamaçta yer altı su seviyesi 15 m tabanda gözlenmiştir. C1 nolu heyelanın geliştiği

yamaçta yapılan duraylılık hesaplamalarında  $c' = 9 \text{ kg/cm}^2$ ,  $\phi' = 12^\circ$ ,  $\gamma_{\text{doğal}} = 1.97 \text{ g/cm}^3$  ve  $\gamma_{\text{kuru}} = 2.27 \text{ g/cm}^3$  değerleri kullanılmıştır.  $\gamma_{\text{kuru}}$  ve  $\gamma_{\text{doğal}}$  a göre ayrı ayrı hesaplanan olası kayma yüzeylerine ait güvenlik katsayısı değerleri Tablo 3' de görülmektedir. Hoek-Bray' a göre güvenlik katsayısı değeri ise 1.25 olarak belirlenmiştir. Tablo 3 incelendiğinde sınır güvenlik katsayısı 1.25 olarak alındığı için 1 ve 2 nolu kayma yüzeylerinin duraysız oldukları kolayca görülebilmektedir. 3 ve 4 nolu kayma yüzeyleri ise  $\gamma_{\text{kuru}}$  ya göre yapıldığında sınır değere çok yakın olduğu,  $\gamma_{\text{doğal}}$  a göre incelendiğinde ise duraysız olduğu görülmektedir.

Arazi çalışmaları boyunca bu yamaçta yapılan gözlemlerde dere de meydana gelen malzemeyi alıp götürdüğü ve yağış sonrası da ufak kopmaların, akmaların meydana geldiği gözlenmiştir. Yamaca ait jeolojik harita ve heyelan kesiti ile hesaplamaların yapıldığı yüzeyler Şekil 5'te verilmiştir.



Şekil 6. Şırnak Heyelan Risk Haritası

Yeraltı suyu hareket değişimi tehlike olarak değerlendirilmeli ve sahaya uygun heyelan önleme yöntemleri belirlenmelidir. Ayrıca çalışma alanının projesi kapsamında kentsel kullanıma açılacak olması sebebiyle de bölgede kaymayı önleyici yöntemler araştırılması ve geliştirilmesi ayrı bir önem arz etmektedir.

#### 4. SONUÇLAR

Zemin örnekleri üzerinde gerçekleştirilen laboratuvar deneyleri sonucunda yamaç malzemesinin geçirimli olduğu, kohezyon değerinin 0.1 - 0.38, içsel sürtünme açısının  $17.5 - 22.4$  arasında değiştiği, birleştirilmiş zemin sınıflamasına göre yamaç malzemesinin genelde SP, SW ve Cizre ilçe yerleşim alanında SC grubu plastik zeminlerden oluştuğu belirlenmiştir. Bu bilgiler ışığında gerçekleştirilen duraylılık analizlerinden, S1, S2 ve Cizrede C2 ve C3 nolu yamaçların duraysız olduğu, S3 nolu ve Cizre de C1 no lu yamaçın ise duraylı olduğu sonucuna varılmıştır.

Yapılan arazi incelemeleri sonucunda özellikle mayıs ve haziran aylarında karların erimesiyle tepe de görülen debi artışının yamaçların topuğunda şiddetli erozyon oluşturduğu ve bu etkiyle yamaç stabilitesine olumsuz etki yaptığı belirlenmiştir. 2, 3 nolu yamaçlarda etkili olan bu durumun önüne geçilebilmesi için topuğa akarsuyun taşıyamayacağı

boyutlarda kaya malzemesinin yığılması veya dere nin ıslah edilmesi gerekmektedir. Şırnak Kenti ve Cizre ilçesi ve yerleşim çevresi, Türkiye Deprem Bölgeleri Haritasına göre birinci derecede tehlikeli bölge içerisinde analiz edilerek yapılaşma uygulanmalıdır. Bu bölge Güney Doğu Anadolu Fayı etki alanında kaldığı için yörede sık depremler meydana gelmekte ve bu depremlere bağlı olarak da bazı tektonik hareketler oluşmaktadır. Bu hareketler neticesinde de yamaçların eğim ve yeraltı su taşkınlığına göre tehlike giderici tedbirlerin alınması drenaj kanallarının tekrar incelenmesi gerekmektedir. Bu sebeple kentsel kullanıma açılacak yamaçların stabilitelerinin hassas olarak araştırılması gereği vardır.

Ağaçlandırmanın önemi ve yağış sularının köklerle içine süzülmesini kolaylaştırmakta ve yüzeysel akışı yavaşlatmakta ve azaltmaktadır. Bu ise kütlelerin erozyona uğramasına engel olmaktadır. Kökleri derine ulaşan çalılarının kökleri mekanik olarak toprak kitlelerin dengisini artırır.

Ayrıca yer altı sularını absorbe ederek kütlelerin kurummasına sebep olurlar bir başka deyişle kayaçların su içeriğini azaltırlar. Çalışma alanının bitki örtüsünden yoksun olması stabilite açısından olumlu olan bu etkilerden faydalanmayı engellemekte ve dolayısıyla yamaçları dengede tutan tutucu kuvvetlerde azaltma olmaktadır. Bu sebeple bitki örtüsü bakımından zenginleştirilmesi yörede heyelan önleyici önemli bir parametredir. Ancak derinliği 30 m ye varan kayma yüzeyleri için bitki örtüsünün duraylılığa etkisi minimal olacaktır. Ayrışma kayaçların büyük ölçüde değişikliğe uğramasına, taneler arasındaki bağın zayıflamasına ve tamamen yok olmasına neden olmaktadır. Çalışma alanında ayrışma sonucu zayıflayan kayaçlar kolayca erozyona uğramakta yamaç ve şevlerin eğim açıları ile yüksekliklerini değiştirmektedir. Çalışma alanındaki kayaçlarda görülen ayrışma da stabilite problemlerine olumsuz katkı sunmaktadır.

Çalışma alanında gerçekleştirilen jeoteknik analiz neticesinde, gelecekte çok büyük boyutlu heyelanların beklenmeyeceği sonucuna varılmıştır. Ancak bu sonuç, kentsel kullanım alanları ve kentsel gelişme alanları için heyelan tehlike olasılığını bertaraf etmemektedir. Bu nedenle özellikle nazım imar planı ve uygulama imar planı gibi büyük ölçekli plan kararlarında yöredeki jeolojik tehlike değerlendirilmeli ve sahaya uygun heyelan önleme yöntemleri belirlenmelidir. Ayrıca çalışma alanının projesi kapsamında kentsel kullanıma açılacak olması sebebiyle de bölgede duraysızlığı önleyici yöntemler araştırılması ve geliştirilmesi ayrı bir önem arz etmektedir.

Cizre kentsel alan sınırları içerisinde yer alan yerleşim birimindeki 4 ayrı yamacın stabilite ve yamaçlardan alınan zemin örneklerinin jeolojik ve jeoteknik özellikleri arazi çalışmaları ve laboratuvar deneyleriyle araştırılmıştır.

Cizre İnceleme alanını oluşturan jeolojik birimler yaşlıdan gence doğru, Volkanitleri ( Üst Miyosen ), Eski Alüvyon ( Kuvaterner ), Yeni alüvyon ( Kuvaterner ) ve Yamaç Molozları ( Kuvaterner ) olarak sıralanırlar.

Zemin örnekleri üzerinde gerçekleştirilen laboratuvar deneyleri sonucunda yamaç malzemesinin geçirimli olduğu, kohezyon değerinin 0.1 - 0.38, içsel sürtünme açısının 17.5 - 22.4 arasında değiştiği, birleştirilmiş zemin sınıflamasına göre yamaç malzemesinin genelde SP, SW ve SC grubu zeminlerden oluştuğu belirlenmiştir. Bu bilgiler ışığında gerçekleştirilen duraylılık analizlerinden, S1, S2 ve C2, C3 nolu yamaçların duraysız olduğu, S1 ve C1 nolu yamacın ise duraylı olduğu sonucuna varılmıştır.

Yapılan arazi incelemeleri sonucunda özellikle mayıs ve haziran aylarında karların erimesiyle tepe de görülen debi artışının yamaçların topuğunda şiddetli erozyon oluşturduğu ve bu etkiyle yamaç duraylılığına olumsuz etki yaptığı belirlenmiştir. C2, C3 nolu yamaçlarda etkili olan bu durumun önüne geçilebilmesi için topuğa akarsuyun taşıyama-yacağı boyutlarda kaya malzemesinin yığılması veya dere nin ıslah edilmesi gerekmektedir. Şırnak Kenti ve çevresi, Türkiye Deprem Bölgeleri Haritasına göre birinci derecede tehlikeli bölge içerisinde yer almaktadır. Bu bölge Güney Doğu Anadolu Fayı etki alanında

kaldığı için yörede sık depremler meydana gelmekte ve bu depremlere bağlı olarak da bazı tektonik hareketler oluşmaktadır. Bu hareketler neticesinde de yamaçların duraylılığı tehlikeye girmektedir. Bu sebeple kentsel kullanıma açılacak yamaçların duraylılıklarının araştırılması gereği vardır.

Bitkiler, yağış sularının kitle içine süzülmesini kolaylaştırmakta ve yüzeysel akışı yavaşlatmakta ve azaltmaktadır. Bu ise kütlelerin erozyona uğramasına engel olmaktadır. Kökleri derine ulaşan bitkilerin kökleri mekanik olarak kitlelerin dengesini artırır.

Ayrıca Cizre de yer altı sularını absorbe ederek kütlelerin kurumasına sebep olurlar bir başka deyişle kayaçların su içeriğini azaltırlar. Çalışma alanının bitki örtüsünden yoksun olması stabilite açısından olumlu olan bu etkilerden faydalanmayı engellemekte ve dolayısıyla yamaçları dengede tutan tutucu kuvvetlerde azaltma olmaktadır. Bu sebeple bitki örtüsü bakımından zenginleştirilmesi yörede heyelan önleyici önemli bir parametredir. Ancak derinliği 30 m ye varan kayma yüzeyleri için bitki örtüsünün duraylılığı etkisi minimal olacaktır. Ayrışma kayaçların büyük ölçüde değişikliğe uğramasına, taneler arasındaki bağın zayıflamasına ve tamamen yok olmasına neden olmaktadır. Çalışma alanında ayrışma sonucu zayıflayan kayaçlar kolayca erozyona uğramakta yamaç ve şevlerin yüksek eğim açıları ile yüksekliklerini değiştirmektedir. Çalışma alanındaki kayaçlarda görülen ayrışma da duraylılık problemlerine olumsuz katkı sunmaktadır.

## SEMBOLLER

$c'$  kg/cm<sup>2</sup> : Efektif Kohezyon

$c$  kg/cm<sup>2</sup> : Kohezyon

$\Phi_o$  : Efektif içsel sürtünme açısı

$\Phi_o$  : İçsel sürtünme açısı

$\tau$  kg/cm<sup>2</sup> : Kesme gerilmesi

$\sigma$  kg/cm<sup>2</sup> : Normal gerilme

$I_p$  : Plastisite indeksi

$L_l$  : Likit limit

$P_l$  : Plastik limit

$W_{opt}$  : Optimum su muhtevası

$\gamma_{doğal}$  g/cm<sup>3</sup>: Doğal birim hacim ağırlık

$\gamma_{doygun}$  g/cm<sup>3</sup>: Doygun birim hacim ağırlık

$\gamma_{kuru}$  g/cm<sup>3</sup>: Kuru birim hacim ağırlık

$\gamma_{kmax}$  g/cm<sup>3</sup>: Maksimum kuru birim hacim ağırlık

$\gamma_s$  g/cm<sup>3</sup>: Tane birim hacim ağırlık

$k$  : Permeabilite katsayısı

$S1, S2, S3, S4, C1, C2$ : 1, 2, 3, 4 nolu Şırnak ve Cizre heyelan yamaçları

$S11, C11$ : 1 nolu Şırnak/Cizre heyelan yamacının 1 nolu bölgesinden alınan örnek

SP: Birleştirilmiş zemin sınıflamasında; kötü derecelenmiş kum, çakıllı kum, ince malzeme çok az veya hiç yok

SW: Birleştirilmiş zemin sınıflamasında; iyi derecelenmiş kum, çakıllı kum, ince malzeme çok az veya hiç yok SC : Birleştirilmiş zemin sınıflamasında ;killi kum, kum-kil karışımı

GW: Birleştirilmiş zemin sınıflamasında; iyi derecelenmiş çakıl, çakıl-kum karışımı, ince malzeme çok az veya hiç yok

## KAYNAKLAR

- Altınlı, E. İ., 1978 "UluslararasıStratigrafiKılavuzu" TPAO YerbilimleriYayınları, NuraMatbaası, Ankara.
- Anbalagan, R., 1992, Landslide hazard evaluation and zonation mapping in mountainous terrain, *Engineering Geology*, 32:269-277.
- Anderson, M.G., Richards, K.S., 1982, *Slope Stability*, John Wiley and Sons Ltd., New York.
- Anonim a, 2013, GE05 - Engineering Manuals - Part 1, Part 2. <http://www.finesoftware.eu/geotechnical-software/>
- Anonim b, 2009, GE05 - FEM - Theoretical Guide <http://www.finesoftware.eu/geotechnical-software/>
- Anonim c, 2011, "TürkiyeDepremBölgeleriHaritası", AfetveAcil durum YönetimiBaşkanlığıDepremDairesiBaşkanlığı, Ankara
- Anonim d, 2012, Şırnak İl ÖzelİdareRaporları.
- ASTM, 1990, "Standard Test Method for Direct Shear Test of Soils Under Consolidated Drained Condition", D3080-90,
- ASTM, 1985, "Standart Specifications For Fly Ash And Raw Or Calcined Natural Puzolan For Use As Mineral Admixture in Portland Cement Concrete", ASTM Philadelphia, ASTM C 618-85.
- ASTM, 1999, "Standard Test Method for Time of Setting of Concrete Mixtures by Penetration Resistance", Pennsylvania, ASTM C 403.
- Cernica, J.N., 1995, *Geotechnical Engineering: Soil Mechanics*, John Wiley and Sons Inc., Canada.
- Chen, B., Liu, J., 2008, "Experimental Application Of Mineral Admixtures in Lightweight Concrete With High Strength And Workability" *Construction and Building Materials* 22 , pp 655-659.
- Das, B.M., 1994, *Principles of Geotechnical Engineering*, PWS Publishing Company, USA
- Dramis, F., Sorriso-Valvo, M., 1994 "Deep-Seated Gravitational Slope Deformations, Related Landslides and Tectonics", *Engineering Geology* 38, 231- 243,.
- Görög P &Török Á, 2006, Stability Problems of Abandoned Clay Pits in Budapest, IAEG2006 P295, The Geological Society of London
- Görög P &Török Á, 2007 Slope stability assessment of weathered clay by using field data and computer modeling: a case study from Budapest ,*Natural Hazards and Earth System Sciences*, 7, 417-422, [www.nat-hazards-earth-syst-sci.net](http://www.nat-hazards-earth-syst-sci.net)
- Güz, H , 1987, "GeoteknikteGelişmeler", DSİ YamaçveŞevlerinStabilitesiveDayanma-YapılarıSemineri, Samsun
- Hök, E., 1970, Estimating the Stability of Excavated Slopes in Opencast Mines, *Institution of Mining and Metallurgy*, A105, A132
- Hök, E. ve Bray, J.W., 1977, *Rock Slope Engineering*, Stephen Austin and Sons Ltd, Hertford, 402 s.
- Hök, E., 2013. *Practical Rock Engineering*, Hoek notes by Evert Hoek. <http://www.rocscience.com>
- Hutchinson, JN., 1995" Landslide Hazard Assessment. Keynote paper. In: Bell DH (ed) *Landslides*, Proceeding of 6th International Symposium on Landslides", Christchurch, New Zealand, vol 1. Balkema, Rotterdam, pp 1805-1841,

22. Lambe, W.T. ve Whitman, R.V., 1969, *Soil Mechanics*, John Wiley and Sons, New York
23. Paşamehmetoğlu, A.G., Özgenoğlu, A., Karpuz, C., 1991, Kaya ŞevStabilitesi, 2. Baskı , T.M.M.O.B MadenMüh. OdasıYayınları, Ankara, Mayıs.
24. Park, C. K., Noh, M. H., Park, T. H., 2005, Rheological Properties Of Cementitious Materials Containing Mineral Admixtures, *Cement And Concrete Research*. 2005. 842-849
25. Pruška, J., 2009, Comparison of geotechnicsoftwares - Geo FEM, Plaxis, Z-Soil , XIII ECSMGE, Vaníček et al. (eds). CGtS, Prague,ISBN 80-86769-01-1, (Vol. 2)
26. Sata, V., Jaturapitakkul, C., Kiattikomol, V., 2007, Influence Of Pozzolan From Various By-Product Materials On Mechanical Properties Of High-Strength Concrete, *Construction And Building Materials*. pp. 1589-1598.
27. TSE, 1987, TS 1900, “İnşaatMühendisliğinde Zemin LaboratuvarDeneyleri”, Ankara.
28. TSE, 1975, TS 1901 “İnşaatMühendisliğindeSondajYolları İle ÖrselenmişveÖrselenmemişNumune Alma Yöntemleri”, Ankara.
29. TSE, 1991, “YamaçveSevlerinDengesiveHesapMetodları-Zeminde”, TS 8853, Ankara.
30. TSE c, 2002, TS EN 12390-3 2003. Beton-SertleşmişBetonDeneyleri- Bölüm 3: DeneyNumunelerindeBasınçDayanımınınTayini. TSE, Ankara.
31. TSE, 1985, TS 802 BetonKarışımıHesapEsasları. TSE, Ankara
32. Ulusay, B 1982, ŞevAçılarının İlk YaklaşımOlarakHesaplanmasındaİkiYeni Pratik Yöntemin Konya-ÇumraManyezitSahasınaUygulanışı, *JeolojiMüh.Der.*, Ocak 30-41
33. Ulusay, R., 1989, “Uygulamalı JeoteknikBilgiler”, JMO yayınları, Ankara.
34. Ulusay, R., 1982 “ŞevStabiliteAnalizlerindeKullanılan Pratik YöntemlerveGeoteknikÇalışmalar”, MTA Yayınları, EğitimSerisi, 25,
35. Wiley, L., 1987 “*Slope Stability Geotechnical Engineering and Geomorphology*”, England,

# Güneydoğu Anadolu Yapı Taşlarının Dayanım ve Sünme Karakterizasyonu - Gözenekli Agregalı Beton için Darbe Dayanım ve Sünme Etüdü

**Yıldırım İsmail TOSUN<sup>1</sup>**

## CHAPTER 4

---

<sup>1</sup> Dr. Öğr. Üyesi, Şırnak Üniversitesi, Mühendislik Fak., Maden Mühendisliği Bölümü, Şırnak





## 1. GİRİŞ

Hafif yapı elemanı üretiminde yerel ucuz doğal kayaçlarını değerlendirilmesi ülke ekonomisine büyük katkı sağlayacaktır. Yapı malzemesi şartnamelerini sağlayan en uygun hafif agrega üretilmelidir. Agregası tesislerinin tasarımı, kırıcı, elek seçimi önemli olmaktadır (Park vd. 2005, Moulia ve Khelafib, 2008). Taş ocaklarında tras, tüf, volkanik cüruf ve pomza gibi formasyonlar hafif agrega üretimini olanak sağlar (Doel, 2007). Dayanımı zayıf hafif agrega kırma taş üretimini ve kapasitesini olumsuz etkiler (Piora ve Piora, 2004, Szi-lagyi ve Terec, 2013). Gözenekli agrega üretimi kayacın türü dokusu ve mikro yapısıyla ilgili olmaktadır.

İnşaat sektöründe kullanılan kırma taş (asfalt mıcır, beton, yol malzemesi vs.) genellikle çekiçli ve darbeli kırıcılar ile gerçekleştirilmektedir. Bu tip kırıcılarda tozlanma daha yüksek oranda olmasına rağmen tane şekli bakımından avantajlı köşeli tane oluşumunu sağlamaktadır. Ancak zayıf dayanımlı hafif agrega kırmada aşırı kırılmaya maruz kalabilir. Hafif gözenekli agrega üretiminde en uygun kırıcı türü kullanılmalıdır. Hafif agreganın aşırı kırılmaması gerekir. Şırnak, Cizre (Şırnak) Belediyeleri kapsamında, Hazır Beton tesisleri tarafından yılda ortalama yıllık toplam 400.000 ton agrega üretilmiş ve yaklaşık 300.000 ton agrega hazır beton üretiminde kullanılmıştır. Agreganın sertliği ve dayanıklılığı hazır beton dayanımı üzerinde etkili olmaktadır. Bu nedenle kayanın patlatma ile parçalanması, çekiçli kırıcıda kırılması, elenmesi ve ekipmanlar agregada beton kalitesini etkiler (Simsek, O. 2004, Bieniawski, 1967).

Kalker türündeki agregalar genellikle alkali kimyasal nitelikte oldukları için sulu asidik atık veya asidik çözeltilerle kısmen çözülerek gözenekli hale getirilebilmektedir. Granül cüruf, kireçtaşı, tüf, şeyl, sleyt gibi orta sert kayaçların gözenekleri geliştirilebilmektedir. Makro ve mikro gözenekler kimyasal çözmenin derecesine bağlıdır ve asidik maden atık suları gibi çözeltiler kullanılabilir. Bu asit etkileşim tekniği ısı sinterleme işleminden daha ekonomik olmaktadır. Kimyasal çözeltinin etkileşim süreci gözenek yapısını etkiler. Howard ve Datta kimyasal öğütmenin birçok avantaja sahip olduğu belirlemiştir (Howard ve Datta, 1977). Tosun (2014) kimyasal etkileşimin çimento hammaddelerinin öğütülmesinde yararlı olduğunu ve Bond Öğütülebilirlik değerlerinin %18 oranında 0.1M sülfürik asit ve atık asidik kömür madeni su ile geliştiğini belirlemiştir.

Hafif agrega kayaçlarının kısmi kimyasal çözülmesi ve gözenek oluşumu için kimyasal ve mineralojik nitelikleri irdelenmelidir. Bu çalışmada en uygun kimyasal etkileşime ve agrega türünü belirlemek için Şırnak ilinin taşocağı kalkeri, kömür ocağı atığı gözenekli kalker, marn, marnlı kalker ve şeyl türü kayaçlardan temsili numuneler alınarak kimyasal ve mineralojik parametreleri belirlenmiş ve irdelenmiştir.

Şırnak ilinin kalker, gözenekli kalker, marn, şeyl türü hafif agregalar dayanım ve sertlik özelliklerine bağlı heterojen yapılar içermektedir.

Gözenekli kalker, kalker, marn, şeyl oluşan 5 adet yerel hafif agrega numunesi bu çalışmada kimyasal etkileşime tutulmuştur. Bu çalışmada seçilen örnek iki kademeli kırma, eleme işlemine tabi tutulmuştur. Sekonder ve tersiyer olarak adlandırılan bu çekiçli kırma sistemleri sonucunda malzeme nihai eleklerden geçirilerek istenilen 40mm altındaki boyutlarda ASTM C330 (2013) standardına uygun olarak sınıflandırılarak kırmataş üretiminin son aşaması tamamlanmıştır. (Campione ve La Mendola, 2004)

Marn ve marnlı kalkerin düşük gözenekli yapılarından dolayı özellikle hafif agrega olarak kullanımı mümkün değildir (Gündüz vd., 1998) ancak bu çalışma kapsamında kimyasal çözeltme ile gözenekli hale getirilerek değerlendirilebilirliği incelenmiştir.

Bu çalışmada temel olarak 20 adet 5x5x5cm küp marn ve marnlı kalker numuneleri laboratuvar koşulları altında nokta yükleme dayanımı ve tek eksenli basınç dayanımı testlerine tabi tutulmuştur. Makro, mikro yapısal ve mineralojik incelemeler yapılmıştır.

Hafif agreganın gözenekli yapısından ötürü darbe dayanımını belirlemek için modifiye bir darbe shatter testi uygulanmıştır.

ASTM C330 (2013) standardına uygun olarak No4, No200 eleklerden elenerek numuneler ayrılmış, her biri  $\sqrt{2}$  ve serisine göre elenerek boyut dağılımları GaudinSchuman ve (RRS)' e göre belirlenmiştir. Maksimum paketlenme yoğunluğundan yararlanarak numuneler hazırlanmıştır.

Hazır beton karışımının yaklaşık olarak ağırlıkça % 90-95'lik, hacimce ise % 80-85'lik bölümünü hafif agregası oluşturmaktadır. Hafif agreganın tipi, gözenekliliği, tane şekil yapısı, gradasyonu gibi özellikleri kullanımını etkilemektedir (Gündüz a,2008, Gündüz b, 2008, Gündüz ve Uğur, 2005, Gündüz vd., 2007, Gündüz vd., 1998). Kimyasal etkileşimle yarı hafif agregası üretimini olanak sağlayan Şırnak ili kazan taban cürufu %50 ağırlık oranında (yaklaşık %75-80 hacim oranında) katılarak hafif beton üretilmiştir. Hafif beton üretiminde kullanılacak agregalardan aranan özellikler esas olarak düşük yoğunluk ve yüksek gözenekli dayanım olmaktadır.

## 2. ŞIRNAK İLİ TAŞOCAĞI KALKERİ VE MADEN ATIĞI KAYAÇLARIN GENEL DEĞERLENDİRİLMESİ

Şırnak ili ve çevresinde yol yapımında kullanılan ve kullanılabilecek agregası sahalarının başlıca çeşitli bölgelerde ve kömür ocaklarında bulunmaktadır:

Altere Kalker (Şırnak Merkez), Marnlı Kalker (Şırnak Merkez), Marn (Şırnak Merkez), Cizre Beyaz Gözenekli Kalker (Şırnak Cizre), Kasrik Altere Gözenekli Kalker, Cizre Dere Kalker, Cizre Dere (kalker) Bölgesi, Kömür ocağı atığı Marn ve Şeyl Kırmataş ocaklarında üretilen agregalar birbirlerine göre farklılıklar göstermektedir. Bu farklılıklar özellikle jeolojik yapı ve buna bağlı olarak seçilen işletme yöntemiyle ilgilidir. Şırnak ili kalkerleri ve marnlı beton agregası olarak kullanılabilir niteliktedir. Ancak bu bölgede sağlam bölümlerin kahvemsisarı renkli alterasyona uğramış birimlerden oluşmaktadır. Bu bölge agregası üreten ocakların azlığı taşıma maliyeti nedeniyle genellikle beton karışımlarında tercih edilmektedir.

Şırnak ili bölgesinde yer alan yaşlı kalkerler sağlam beton şartnamelerine uygunluk göstermekte ve geniş bir alanda yer aldıklarından büyük rezervlerde bulunmaktadır. Ancak dere kenarları Siirt formasyonu olarak adlandırılan mezozoik yaşlı kumtaşı - killi şist içerebilmektedir. Daha homojen olmayan bir yapı göstermektedir. Özellikle killi şistlerin üretilen agreganın içine karışması hafif beton agregaların plastisite ve gözenek açısından sorun çıkarabilmektedir (Sarı ve Paşamehmetoğlu, 2005, Cavaleri vd.,2003).

Şırnak ili Kasrik bölgesinde ileri mezozoik yaşlı kalkerler içerisindeki karstik boşluklar ve marnlı oluşumlar agregası üreticilerinin üzerinde durması gereken en önemli problemdir. Ayrıca bu bölgedeki agregaların %2,7 - %3,1 arasında değişen su emme oranları yapılan karışım tasarımlarında hafif beton üretiminde avantaj sağlar.

Genellikle altere gözenekli kalker, dolomitik kalkerlerin yer aldığı bölgede faylanmalar sonucu oluşan kırıklara yerleşen kirli - çamurlu dolgular, agregası üretim sahalarında yer yer tabaka aralarına, kırık ve çatlaklara yerleşmiş killi çamurlu oluşumlar görülebilmektedir. Hafif agregası üretiminde belirgin gradasyon sorunu oluşturmaktadır.

## 3. MATERYAL VE YÖNTEM

### 3.1. Kimyasal analizler ve parlak kesit İncelemesi

Numunelere ait mineralojik bileşimler Standard kimyasal Ca, Mg ve silika analizleri yardımıyla tespit edilmiştir. Numuneler ilk olarak çeneli kırıcıda 40 mm den 10mm'nin altındaki boyutlara getirilmiş ve 0.1mm ye havanda öğütülerek homojenize edilmiştir. Toz

numuneler silika içeriği için platin krozede HF ile çözeltiye yakılmıştır. Deneylerde kullanılan Şırnak ili çevresinden temsili olarak temin edilmiş kayaçların kimyasal bileşimi Çizelge 1 de verilmiştir. Marn ve marnlı kalkerde silika miktarı azalmıştır.

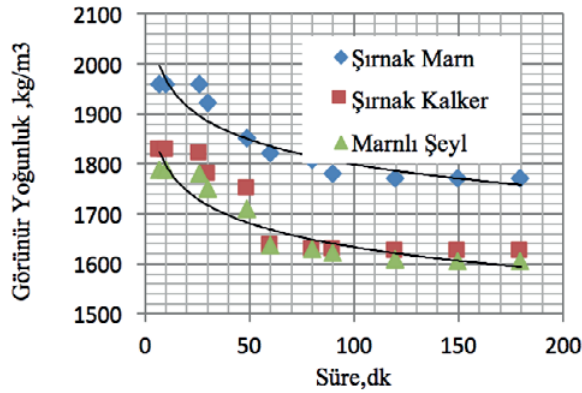
Parlak kesit hazırlanmasından önce akışkan bir sarı renkli epoksi reçine örneklerle orta derecede bir vakum ile emdirilmiştir. Bu reçine gözeneklere nüfuz ederek mikroskop altında gözeneklerin daha kolay görünmesini sağlamaktadır.

| %Bileşen                       | Şırnak Kalkeri | Şırnak Marnlı Kalkeri | Şırnak Marnı | Şırnak Gözenekli Kalkeri | Şırnak Şeyl |
|--------------------------------|----------------|-----------------------|--------------|--------------------------|-------------|
| SiO <sub>2</sub>               | 3,53           | 9,42                  | 24,14        | 2,12                     | 48,53       |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 2,23           | 6,53                  | 12,61        | 1,71                     | 24,61       |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 0,59           | 4,48                  | 7,34         | 0,58                     | 7,59        |
| CaO                            | 49,48          | 39,23                 | 29,18        | 45,22                    | 9,48        |
| MgO                            | 2,20           | 2,28                  | 4,68         | 7,41                     | 3,28        |
| K <sub>2</sub> O               | 0,41           | 0,53                  | 3,32         | 0,40                     | 2,51        |
| Na <sub>2</sub> O              | 0,35           | 0,24                  | 1,11         | 0,21                     | 0,35        |
| Kızd.Kayb                      | 46,19          | 26,11                 | 21,43        | 48,04                    | 3,09        |
| SO <sub>3</sub>                | 0,32           | 0,21                  | 0,20         | 0,02                     | 0,32        |

Çizelge 1. Şırnak ili kalker, marn ve şeylin kimyasal analiz değerleri

### 3.2. Kimyasal Etkileşimin Agregat Üzerine Etkisi

Kimyasal olarak asidik sular ve asidik maden suyu yardımıyla agregalar çözeltiye hale getirilmiştir. Orijinal Agregat tipinin kireçtaşı olan temel kimyasal yapısını bunu mümkün kılmaktadır. Bu amaçla 50-70°C 1M HCl ve 1M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> asit ile muamelesinde çeşitli agregalar üzerinde etkisini değerlendirmek amacıyla farklı tipte agregalar 1-2kg'lık numuneler olarak 20lt asit kaplarında 1,2 ve 3gün bekletilmiştir. Ürünler yıkanarak ağırlık değişimi ve görünür özgül ağırlık ve hesapla gözenek değişimi belirlenmiştir. Kimyasal etkileşime göre görünür 1ltlik kapta agregat görünür özgül ağırlık değişimi Şekil 1 de gösterilmektedir.

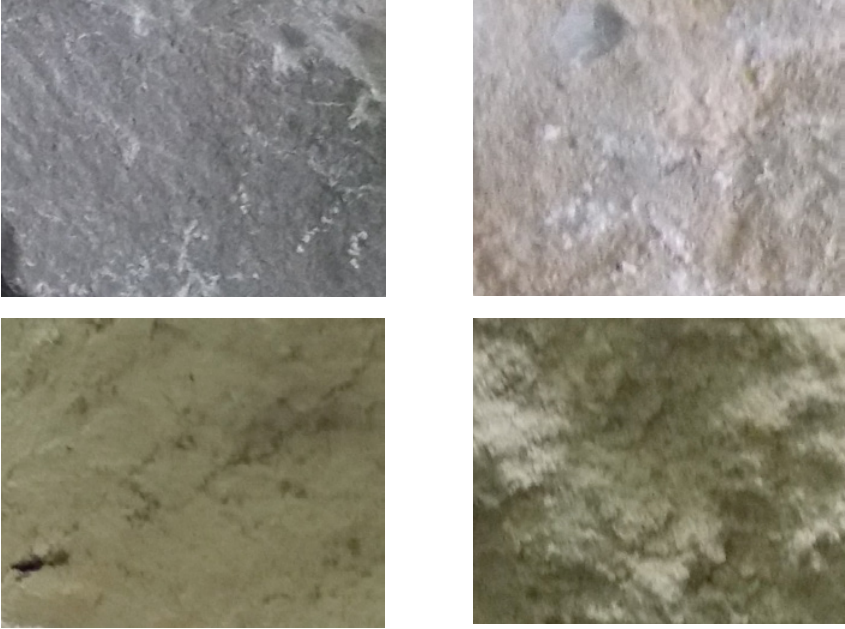


Şekil 1. Şırnak Marn ve Kalker ve Kimyasal etkileşim sonrası görünür yoğunluk değişimi

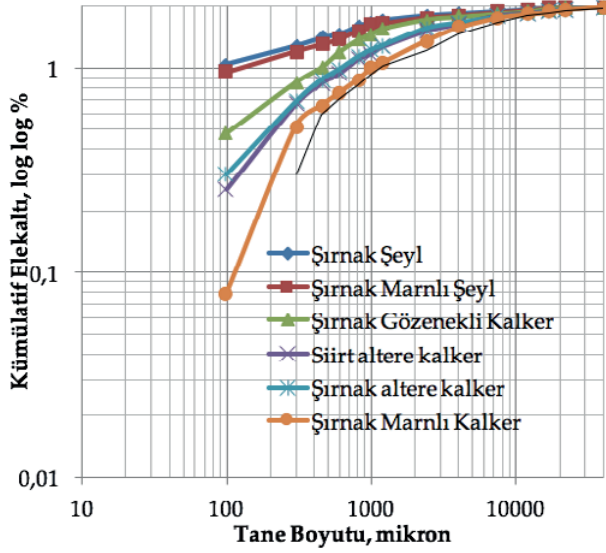
Etkileşim görüntüsü kalker ve marn için Şekil 2de gösterilmiştir. Kimyasal etkileşim sonrasında, gözenekli yarı hafif agrega numuneleri Modifiye Darbe shatter dayanımı için test edilmiştir. Belirli gradasyonlarda hazırlanan ürün yarı hafif agregalara hafif Şırnak kazan cürufu %50 ağırlık oranında katılarak karışımlar elde edilmiş (Sarı ve Pasamehmetoglu, 2005) ve bu hafif karışımlara farklı miktarlarda çimento bağlayıcı ilave edilerek (Demirdag ve Gündüz, 2008, Gündüz a, 2008, Gündüz b, 2008) hafif beton numuneler üretilmiştir. Kaba birim ağırlık, dolu boşluk, boşluk yüzdesi ve dayanım ilişkileri çıkartılmıştır. Optimum yarı hafif agrega içeriği belirlenmiştir.

### 3.3. Tane boyutu analizleri

Yaklaşık 1-0,5 kg lık temsili numuneler 20 dk lık standart elek serileri ile elenmiştir (ASTM C136). ASTM C330 standardına uygun olarak No4 ve No200 eleklerden elenerek iri ve toz numuneler ayrılmış, her biri  $\sqrt{2}$  ve serisine göre elenerek boyut dağılımları Gaudin Schuman ve RRS e göre belirlenmiştir. Kayaçların elek analiz sonuçları Çizelge 2, Şekil 3 ve Şekil 4 de verilmiştir.



Şekil 2. Şırnaka Marnı, b Kalkeri ve c, d. Kimyasal etkileşim sonrası agrega görüntüsü



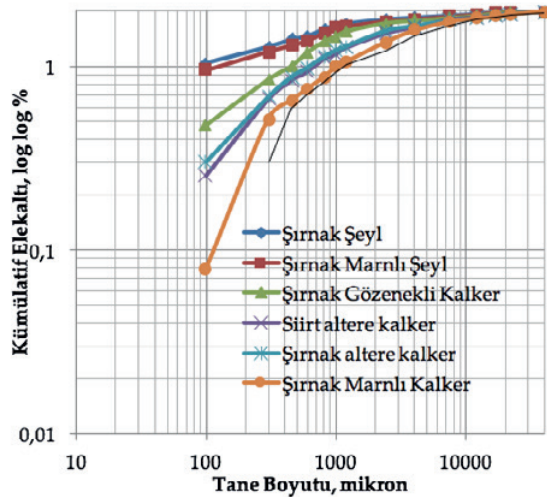
Şekil 3. Agregaların Gaudin Schumann Tane Boyut Dağılımlarının Değişimi.

Bu testler sırasında Gaudin Schuman dağılım indeksi kaba paketlenme gözeneği hafif beton üretimi için irdelenmiştir. Buradaki dağılım oranı log %/mm olarak belirlenmiştir. Bu testlere göre Gaudin Schuman tane boyut yaklaşımının RRS göre daha uygun görünür yoğunluğu sağladığı gözlenmiştir.

40 mm maksimum tane boyutundaki tanelerin boşluk oranı 1lt lik kalıpta kaba ağırlık ölçümü ve gözenek % hesapla [v: % Boşluk oranı ile tanelerin % hacim doluluk oranı  $1/1+v$  olarak, gözenek%:  $1 - (1/1+v)$ ] belirlenmiştir.

| Agrega                  | Elek  | 32 | 16  | 8  | 4   | 2,8 | 1,2 | 0,4 | 0,2 |
|-------------------------|-------|----|-----|----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Şırnak Şeyl             | 0-5   |    |     |    | 99  | 95  | 76  | 27  | 12  |
|                         | 5-15  |    | 100 | 48 | 0,2 |     |     |     |     |
|                         | 15-40 | 98 | 3   |    |     |     |     |     |     |
| Şırnak Marnlı Şeyl      | 0-5   |    |     |    | 99  | 87  | 66  | 21  | 9   |
|                         | 5-15  |    | 100 | 38 | 0,2 |     |     |     |     |
|                         | 15-40 | 98 | 2   |    |     |     |     |     |     |
| Şırnak Gözenekli Kalker | 0-5   |    |     |    | 99  | 79  | 60  | 19  | 7   |
|                         | 5-15  |    | 100 | 28 | 0,2 |     |     |     |     |
|                         | 15-40 | 96 | 1   |    |     |     |     |     |     |
| Siirt Kalker            | 0-5   |    |     |    | 99  | 77  | 54  | 17  | 6   |
|                         | 5-15  |    | 100 | 24 | 0,0 |     |     |     |     |
|                         | 15-40 | 94 | 0,2 |    |     |     |     |     |     |
| Şırnak Kalker           | 0-5   |    |     |    | 99  | 76  | 52  | 16  | 5   |
|                         | 5-15  |    | 100 | 23 | 0,0 |     |     |     |     |
|                         | 15-40 | 93 | 0,2 |    |     |     |     |     |     |
| Şırnak Marnlı Kalker    | 0-5   |    |     |    | 99  | 72  | 48  | 11  | 3   |
|                         | 5-15  |    | 100 | 21 | 0,0 |     |     |     |     |
|                         | 15-40 | 88 | 0,1 |    |     |     |     |     |     |

Çizelge 2. Agregaların Elek Analizi Sonuçları



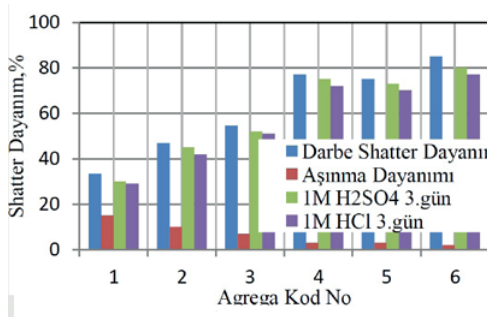
Şekil 4. Agregaların RRS Tane Boyut Dağılımlarının Değişimi

### 3.4. Darbe Dayanım Testleri

Yarı hafif agregat numuneleri basınç dayanımı ve Darbe shatter dayanımı testine tabi tutulmuş ve ezilen ürünün boyut dağılımı ile darbe mekanik dayanım belirlenmiştir (ASTM D6024-07). Sınıflandırılmış agregat numuneleri sabit 5kg luk darbe balyoz ağırlığının  $\phi 8\text{cm} \times 50\text{cm}$  kovanda 50cm düşme etkisi ile boyutunun tozlaşması olarak irdelenmiş ve ürün hafif beton numunelerle kıyaslanmıştır. Bu teknolojik uygulamalar ile yerel doğal taşların hafif yapı agregası olarak değerlendirilebilirliği daha da geliştirilebilmektedir. Darbe dayanımı testlerinde 5kg lık balyoz ağırlık 4 kere 50cm yükseklikten 8 cm iç çapındaki çelik kovan içerisindeki 40+25mm lik agregat üzerine düşmeye bırakılarak, göreceli olarak daha zayıf 5 mm altı ve 25 mm üzeri ağırlık yüzdesi olarak sert, dayanımı daha yüksek olarak irdelenmiştir. Sonuçlar Şekil 5 de gösterilmiştir.

### 3.5. Nokta Yükleme ve Basınç Dayanım Testleri

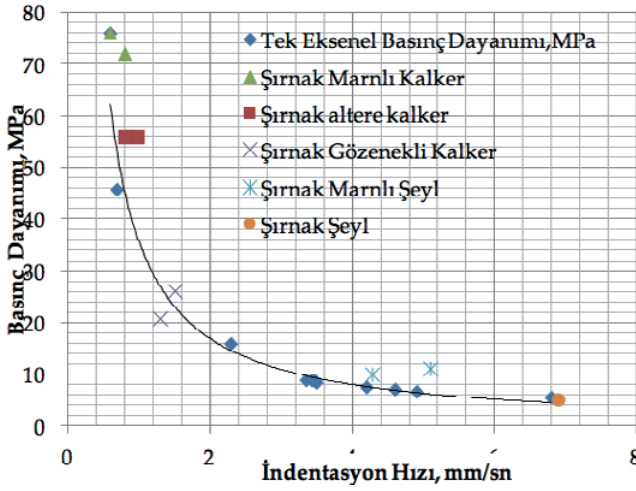
Test numuneleri 5x5x5 cm bloklar olarak üretilmiş ve 10 adet numune tek eksenel basınç dayanımı testine ELE markalı preste kırılarak % 95 doğruluk oranında belirlenmiştir. Sonuçlar Şekil 6 ve 7 de verilmiştir.



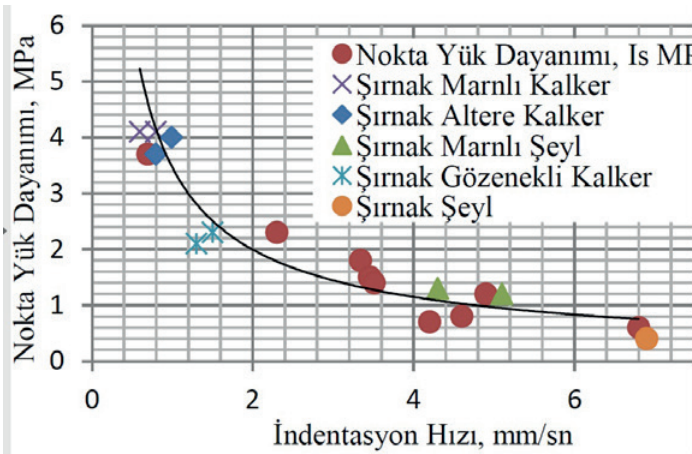
Şekil 5. Darbe dayanımı test sonuçlarının şematik görüntüsü;1.Şırnak Şeyl 2.Şırnak Marnlı Şeyl 3.Şırnak Gözenekli Kalker 4.Şırnak Altere Kalker 5.Siirt Altere Kalker 6.Şırnak Marnlı Kalker

### 3.6. Bitümlü Agrega Beton Üretimi

Bu çalışmada %50 ağırlık oranında Şırnak ili 2 gün kimyasal etkileşime uğramış kal-ker agrega ile %50 ağırlık oranında Şırnak Kazan cürufu karışım hafif agrega olarak hafif beton üretiminde değerlendirilmiştir. Cüruf numuneleri 40mm altındaki boyuta kırılmış olan agrega kullanılmıştır (Erdoğan, 2003, Chen ve Liu, 2008, Demirboğavd., 2001). Agrega karışım oranları en büyük dane boyutu 40 mm olmuştur. Hafif beton üretiminde TS 706 da verilen sınır değerler arasında kalacak şekilde %50 0-5 mm hafif agrega (%50agrega) , %25 5-15 mm kırma hafif agrega (%50cüruf) ve %25 15-40 mm kırma (%50cüruf) olarak ayarlanmıştır. Bu çalışmada C 20 sınıfı agrega betonların üretilmesi hedeflenmiştir. Bağlayıcı olarak CEM IV 32,5 tipi Mardin Limak çimentosu kullanılmıştır. Su/ Bağlayıcı (S/B) oranı ön deneyler sonucunda 0,50 olmasına karar verilmiştir. Her bir seride bağlayıcı miktarının %10, %20, %25 ve %30 oranlarında çimento 4 seri 20 adet 5x5x5 cm küp beton üretilmiştir ve 28 günlük kür sonunda basınç dayanımı belirlenmiştir.



Şekil 6. Tek eksenli Basınç Dayanımı test sonuçlarının İndentasyona bağlı değişimi.



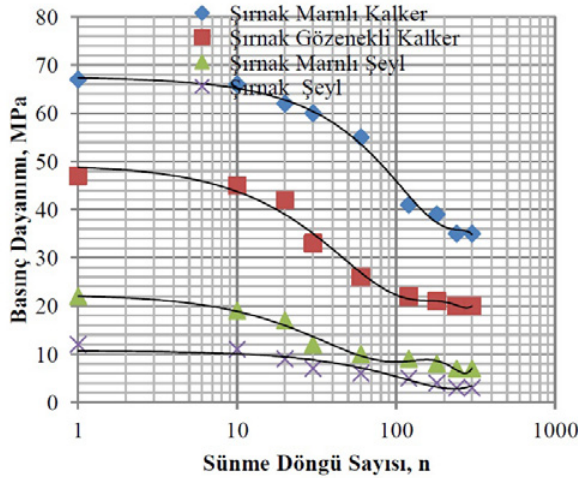
Şekil 7. Nokta Yükleme Dayanımı test sonuçlarının İndentasyona bağlı değişimi.



### 3.7. Don-Mikrodalga Kurutma Sünme Darbe Dayanım Testleri

Beton agrega numuneleri döngüsel olarak modifiye sünme testine tabi tutulmuş ve ürün blok agregası beton basma dayanımı ile 5 kg lık çelik bilya darbe mekanik dayanımı belirlenmiştir. (ASTM D6024, 2007). Sınıflandırılmış agregası numuneleri sabit 5kg lık darbe balyoz ağırlığının  $\phi 8\text{cm} \times 50\text{cm}$  kovanda 50cm düşme etkisi ile boyutunun tozlaşması olarak irdelenmiş ve ürün beton basma dayanımı ile kıyaslanmıştır. Bu teknolojik uygulamalar ile yerel doğal taşların hafif yapı agregası olarak değerlendirilebilirliği daha da geliştirilebilmektedir. Darbe dayanımı testlerinde 5kg lık balyoz ağırlık 4 kere 50cm yükseklikten 8 cm iç çapındaki çelik kovan içerisindeki  $50 \times 50 \times 25\text{mm}$  lik beton blok agregası üzerine düşmeye bırakılarak, göreceli olarak daha zayıf 5 mm altı ve 25 mm üzeri ağırlık yüzdesi olarak sert, dayanımı daha yüksek olarak irdelenmiştir. Sonuçlar Şekil 8 de gösterilmiştir.

Tane şekil değiştirmeleri fotoğraf tekniği ile bir üst boyut şekil değiştirmenin olduğu varsayılarak, yakın hacim değişimlerinden yararlanılarak hesaplanmıştır.



Şekil 8. Sünme Basınç Dayanımı test sonuçlarının Döngüye bağlı değişimi.

## 4. SONUÇLAR VE YORUM

Kimyasal muamele edilmiş numuneler de küçük tane boyutlarında kimyasal etki daha da artmıştır. Yaklaşık olarak 5mm agregada % 13,6 olan gözenek 25mm fraksiyonunda %9,2 de kalmıştır. Sonuçlar Şekil 1'de gösterilmiştir. Şekil 1 de 2 gün lük kimyasal etkileşimin yeterli olduğunu kanıtlamıştır. Çünkü çözünme işlemi çözelti alkali kireç tuz doygunluğuna ulaşmıştır. Kalker numunede gözenek % 13,6 ulaşmıştır.

Gözenekli kalker dokusu, kimyasal etkileşim sonucu ve petrografik değişimler Şekil 2'de görülmektedir. Şırnak altere kalkerinin %2,1-3,2 oranında silikat miktarının değiştiği ve gözenek boyutunun 1-3mm makro 50-300 mikron boyutunda mikro gözenek olarak yer aldığı belirlenmiştir. Bu gözenek miktarı Şırnak marnlı kalkerinde %13,4-14,8 silika içeriğinin mikro kristalin yapısında 5-30 mikron boyutunda mikro gözenek olarak bulunmaktadır. Marnlı kalkerde ve marn da kimyasal etkileşimin derecesi silika içeriğine ve mikro kristalin gözenek yapısına bağlı olarak yeterli olmamıştır. Düşük gözenek en büyük nedendir, numunenin gözenek katı kaya dokusu marn bileşenine dayalıdır ve düşük değerdedir.



Şekil 3 ve 4 e göre en ideal gradasyon Gaudin Schumann yaklaşımı ile belirlenebilmektedir. Marnlı kalkerde dağılım faktörü %81 re yükselmiş, Şeyl de ise %45 oranına düşmüştür.

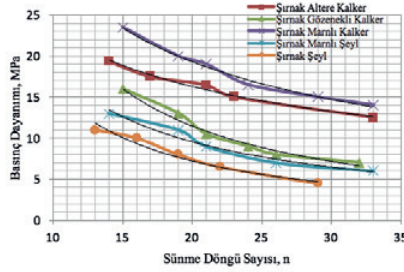
Kimyasal etkileşim süresinin etkisi test edilmiştir. 3 günlük muamelede numunelerin gözenekleri yükselmiştir. Şekil 5'de gösterildiği gibi Darbe shatter dayanım değerleri iki günlük sürede yaklaşık % 24 azalmıştır. Gözenek oranı da kalker ve şeyl örneklerinde benzer olmuş % 17 oranında artmıştır. Masif yapılarının orijinal gözenek büyüklüklerinin ve tane yapıların benzemesinden kaynaklanmıştır. Ayrıca şeyl taşı içerisindeki kalsit ve dolomit bileşeni bunu sağlamıştır.

Darbe dayanımı ise iki günlük ve üç günlükte değişmemiştir. Bu değerlendirmelerde darbe dayanımı testinde elde edilen değerler Şekil 5te görülür.

Homojen ince taneli yapı dayanımı daha da arttırmıştır. Özellikle Şırnak marnında heterojen silikat bileşen darbe dayanımını yüksek oranda tutmuştur. Şırnak ve Siirt kalkerlerinin silika içeriği az olduğu için yumuşak niteliktedir ve darbe ve aşınma dayanımı daha düşük görülmüştür.

Şekil 5 aşınma dayanımı değerlerini göstermektedir. Kalker numunelerinin içerdiği silikatın miktarına bağlı olarak değişmiştir ve ayrıca mikro yapısal özelliklerine ve gözeneğe de bağlı olarak değişmiştir. Aşınma koşullarına gözenek yoğunluğunun aşınma gelişiminde ve buna bağlı olarak kırılma yüzeylerin oluşmasına ve daha düşük aşınma dayanımı değerlerinin gözlenmesine etken olmuştur.

Şırnak marnlı kalker ve marnlı şeyl kayaları aynı tip olmasına rağmen, farklı aşınma ve dayanım özellikleri vardır. Deneysel çalışmalarda, Şırnak kalkeri, marnlı kalkerinin darbe dayanımları diğer örneklerden daha yüksektir. Bu durumun nedeni, bunların gözenekliliği ve kil dokusudur.



**Şekil 9.** Agrega Beton Blokların Sünme Tek Eksenli Basınç Dayanımı Test Sonuçları

Tek eksenli basınç dayanımı testlerinde en yüksek dayanım değerlerinin kalkerlerin türüne ve silikat bileşimlerine bağlı olarak 76 – 35MPa arasında değiştiği tespit edilmiştir. Düşük tek eksenli basınç dayanımı değerine sahip Şeyl gözenek oranı % 5in üzerine çıkmaktadır. Büyük dayanım değerlerinin elde edildiği Siirt altere kalkeri ise %4'ten fazla silikat fazları gözlenmiştir. Şırnak gözenekli kalkeri özellikle yoğunluğu düşük %3,6 gözenekli matriste 39,3 MPa iken %7,4 gözenekli matriste 34,6 MPa düştüğü belirlenmiştir.

Şekil 6 da farklı gözeneklerde ve kaba yoğunluktaki kalkerlerin basınç dayanımları incelendiğinde benzer değişim gözlenmiştir. Açıkça görüldüğü gibi tek eksenli basınç dayanımı testlerinde gerilme-şekil değiştirme diyagramı incelendiğinde marn ve kalkerlerin yüksek dayanım sergilediği bunun da %0,5-1,8 gözenek miktarından kaynaklandığı görülmektedir.

Şekil 7 nokta yük dayanım değerlerinden de görüldüğü gibi iri taneli yapı, marn matristen daha zayıf ve daha kırılma olduklarından heterojen sert marn daha yüksek basınç dayanımı göstermiştir.

Şekil 8 nokta sünme yük dayanım değerlerinden de görüldüğü gibi iri taneli yapı, dondan ve don döngüsünden en fazla etkilenen marnlı beton blok daha zayıf ve daha kırıl-gan olduklarından heterojen sert marn daha yüksek basınç dayanımı göstermiştir.

Şekil 9 üretilen agregalı beton blokların dayanım değerlerinden de görüldüğü gibi mar-nlı yapı, kimyasal etkileşimi ve üretilen agregalı beton daha dayanıklı kalmıştır. Heterojen sert marn daha yüksek gözenekliğe ulaşmıştır. Buda altere kalkerde kimyasal etkileşimin doygunlukla durduğunu ve sağlam blok üretiminde yetersiz olduğunu göstermiştir.

## 5. SONUÇ

Taşocaklarında en azından gradasyonyapılması ve kalkerin işlenmesi hafif beton üreti-minde büyük yarar sağlayacaktır.

Betonda boşluksuz yapının oluşmasında en büyük etken, agregalar arasındaki düzenli yüzey teması ve kenetlenmedir. Bunun içinde iri agregalar arasındaki boşluğu doldurmak amacıyla değişik oranlarda (ince agreganın özelliklerine bağlı olarak) hafif ince agregalar ürtimi ve gözenekli kılacak teknolojilerin kullanılması gerekir. İnce agregalı miktarının haf-if betonda optimum seviyelerde kullanılması son derece önemlidir.

Kimyasal etkileşimde sülfürik asitli çözeltide 2 günlük sürede bekletme gözenek mik-tarını yaklaşık %27-37 oranında arttırmıştır. Yaklaşık 0,190 kg/lt daha hafif yarı hafif ag-rega üretimini sağlamıştır.

Basınç dayanımı sonuçları incelendiğinde gözenek miktarı arttıkça basınç dayanımı değerlerinin düştüğü istenilen dayanımı % 50 agregalı üstündeki karışımlarda sağlanama-dığı daha fazla agreganın dayanım kazandırmadığı görülmüştür.

Yüksek oranda dayanımlı cürufaları içeren hafif agregalı hafif beton bloklar yüksek da-yanım değerleri gösterebilir de darbe dayanım değerleri düşük olabilmektedir. Böylelikle en ideal sıkı paketlenme ile de bu hafif agregadan üretilen blokların dayanımları da 18-24MPa çıkabilmektedir.

Bu testlere göre Gaudin-Schuman tane boyut yaklaşımının RRS göre daha uygun yakla-şımı ve sıkı paketlenme yoğunluğu sağladığı gözlenmiştir. Üretilen belirli iri ve ince boyut-lu agregalı numuneleri daha geçirimsiz ve gözenekli blok beton üretimi sağlanmıştır.

En yüksek dayanım değerleri ise agreganın genel dokusu ve mikro yapısal özellikleri tarafından kontrol edilmektedir.

Pomza cürufaları ile birlikte hafif beton üretiminde başarılı sonuçlar verdiği gözlenmiştir. Darbe dayanım değerlerinin hafif beton blok dayanımı ile doğrudan ilişkili olduğu belirlenmiştir.

## KAYNAKLAR

1. ASTM C 330, 2013. Standart Specifications For Lightweight Aggregates for Structural Concrete, ASTM, Philadelphia.
2. ASTM C 136, 2013. Standard test method for Sieve Analysis of Fine and Coarse Ag-gregates, Pennsylvania.
3. ASTM D6024-07, 2007. Standard test method for Ball Drop on Controlled Low Stren-gth Materials, ASTM, Pennsylvania.
4. Bieniawski, Z.T. 1967. Mechanism of brittle failure of rock Part I - Theory of fracture process. *I. J. of Rock Mech. and Min. Sc. and Geomech. Abstr.* 4: 4, s. 395-406
5. Campione G, La Mendola L, 2004. Behavior in compression of lightweight fiber reinforced concrete confined with transverse steel reinforcement. *Cem Concr Compos* 26: 645-656
6. Cavaleri L, Miraglia N, Papia M., 2003. Pumice concrete for structural wall panels. *Engi-neering Structures*, 25: s. 115-125

7. Chen, B., Liu, J., 2008. Experimental Application Of Mineral Admixtures in Lightweight Concrete With High Strength And Workability, *Construction and Building Materials* 22, s. 655-659
8. Demirboğa, R., Orung, I., Gül, R., 2001, Effects of expanded perlite aggregate and mineral admixtures on the compressive strength of low-density concretes. *Cement and Concrete Research*, 31: s.1627-32
9. Demirdag S, Gündüz L , 2008.Strengthproperties of volcaniclagaggregatelightweightconcreteforhighperformancemasonryunits. *ConstructionBuildingMaterials*, 22:s.135-142
10. Doel, A., 2007.Lightweight aggregates for use in concrete, *Concrete*, 41, 7, s.36-37.
11. Erdoğan, T.Y., 2003. *Beton*. ODTÜ GeliştirmeVakfıYayıncılıkVeİletişim A.Ş. Ankara
12. Gündüz, L. a ,2008.Use of quartetblendscontainingflyash, scoria, perliticpumiceandcementtoproducecellularhollowlightweightmasonryblocksfornon-loadbearingwalls. *ConstructionBuildingMaterials*, 22, s. 747-754
13. Gündüz,L. b, 2008. Theeffects of pumiceaggregate/cementratio on thelow-strengthconcreteproperties, *Construction andBuildingMaterials*, 22,5, s721-728
14. Gündüz L, Bekar M, ŞapcıN , 2007.Influence of a newtype of additive on theperformance of polymer-lightweightmortarcomposites. *Cem ConcrCompos* 29:s. 594-602
15. Gündüz,L., Uğur,İ., 2005. Theeffects of differentfineandcoarsepumiceaggregate/cementratio on thestructuralconcretepropertieswithoutusinganyadmixtures, *CementandConcreteResearch*, 35, 9, s. 1859-1864
16. Gündüz L, Sariisik A, Tozaçan B, Davraz M, Uğur İ, Çankıran O (1998) Pumicetechnology, vol 1. Süleyman Demirel University, Isparta. pp 275-285
17. Howard, P.H. Datta, R.S., 1976, Chemical Cominution: A Process for Liberating the Mineral matter from Coal, Coal Desulfurization (Ed. T. Wheelock) Washington, ACS Series 64, pp.58-64.
18. Howard, P.H. Datta, R.S., Hanchett, A. 1977, Pre-combustion Coal Cleaning Using Chemical Cominution: NCA/BCR Coal Conference and Expo Coal: Energy for Independence, Lousville.
19. Moulia, M., Khelafib H., 2008. Performance Characteristics Of Lightweight Aggregate Concrete Containing Natural Pozzolan, *Building and Environment* , 43, s. 31-36
20. Park,C. K. Noh,M. H. Park,T. H. , 2005. Rheological Properties OfCementitious Materials Containing Mineral Admixtures, *Cement And Concrete Research*. s 842-849
21. Piora LS, PioraIL , 2004.Production of expanded-clayaggregateforlightweightconcretefromnon-selfbloatingclays. *Cem ConcrCompos* 26:s.639-643
22. Sarı, D.,Pasamehmetoglu, A. G., 2005, Theeffects of gradationandadmixture on thepumicelightweightaggregateconcrete,*CementandConcreteResearch*, 35, 5, s. 936-942
23. Simsek, O. 2004.*BetonveBetonTeknolojisi*. SeçkinYayıncılık, I. Baskı, Ankara
24. Szilagyi, H. Terec L., 2013. Bricksrecycledaggregatesforstructuralgreenlightweightconcrete, *13th SGEM GeoConference on Nano, BioAndGreen Technologies For A SustainableFuture*, www.sgem.org, SGEM2013 Conference Proceedings, ISBN 978-619-7105-06-3 / ISSN 1314-2704, s. 375 - 380 doi:10.5593/sgem2013/bf6/s26.004
25. Tosun Y.I., 2014, Chemical Activated Grinding of Cement RawMaterials, Proceedings of XIVth International Mineral Processing Symposium, Kuşadası, Turkey.
26. TS EN 12390-3,-4 2003.Beton-SertlesmisBetonDeneyleri- Bölüm 3: DeneyNumunelerindeBasınçDayanımınınTayini. TürkStandartlarıEnstitüsü, Ankara.



# Öğrencilerin Seçmeli Ders Seçimi Problemine Çok Kriterli Karar Verme Yaklaşımı

**Pınar MİÇ<sup>1</sup>**

**Z. Figen ANTMEN<sup>2</sup>**

**Melek Özge ERDURAK**

## CHAPTER 5

---

<sup>1</sup> Araştırma Görevlisi, Çukurova Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü

<sup>2</sup> Dr. Öğr. Üyesi, Çukurova Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü



## 1. GİRİŞ

Lisans eğitiminde zorunlu derslerin yanında seçmeli derslerin seçimi, öğrencilerin akademik kariyerlerini, kişisel gelişimlerini ve meslekte uzmanlaşmalarını etkileyen önemli kararlardan birisidir. Ancak bu kararı vermek çoğu zaman kolay olmamaktadır. Öğrenciler kendi kriterleri, ilgileri, beklentileri ve yetenekleri doğrultusunda en fazla yarar sağlayacak dersleri seçmek istemektedir ve önem verdikleri kriterler genellikle öznel nitelikteki kriterlerdir. Bu kriterlerin birbirine göre önem seviyeleri her öğrenci için farklılık gösterebilmektedir.

Bu çalışmada, öğrencilerin seçmeli ders seçim problemi çok kriterli karar verme problemi olarak ele alınmıştır. Bunun için iki çok kriterli karar verme yönteminden faydalanılmıştır. Bunlar, Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) ve Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS) yöntemleridir. Çalışmada kullanılacak kriterler ve bunların ağırlıkları belirlenirken ve değerlendirilirken öğrencilere seçmeli dersler ile ilgili anket uygulanmıştır. Anket metodunun kullanılma amacı öğrencilerin seçecekleri seçmeli dersleri ve bunların ağırlıklarını öğrencilerin belirlemesini sağlamaktır. Anket metodunun sonuçları Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) programında değerlendirilmiş ve kriterler ve ağırlıkları gerçeğe en uygun şekilde belirlenmiştir. Yapılan çalışmanın, öğrencilerin seçmeli ders seçimine rehberlik etmesi beklenmektedir.

Çalışmanın geri kalan kısmı şu şekilde organize edilmiştir: 2. Bölümde konu ile ilgili literatür taraması sunulmuştur. 3. Bölümde Çok Kriterli Karar Verme konusu ile ilgili bilgi verilerek çalışmada kullanılan AHP ve TOPSIS yöntemleri hakkında detaylı bilgi sunulmuştur. 4. Bölümde örnek uygulama yapılmış ve 5. Bölümde sonuçlar verilerek gelecek çalışmalar için öneriler sunulmuştur.

## 2. LİTERATÜR TARAMASI

Literatürde AHP yöntemi çok farklı alanlarda kullanılmıştır. Bunlardan bazıları kısaca şöyle özetlenebilir: tedarikçi seçimi (Nydyck vd. 1992; Dağdeviren & Eren 2001); bir işletme içindeki departmanların karşılaştırılması ve performanslarının ölçülmesi (Rangone 1996); girişimci geliştirme programı için satıcı değerlendirmesi (Yahya & Kingsman 1999); doğru pazarlama yöneticisi seçimi (Cheng & Li 2001); bir elektrik işletmesindeki farklı işlerin değerlendirilmesi (Dağdeviren vd. 2004); ilaç firmasında satış temsilcilerinin seçimi (Teymur & Tüzüner 2006); öğretim üyesi seçimi (Mamat & Daniel 2007); Türkiye'deki iç hatlar hava yolları hizmet kalitesinin karşılaştırılması (Önüt vd. 2008) ve İzmir'de heyelan duyarlılığının incelenmesi (Kavas 2009).

AHP yöntemi gibi TOPSIS yöntemi de literatürde çok farklı alanlarda kullanılmıştır. Bu çalışmalardan bazıları şunlardır: üretim şirketlerinde gerçekleşen ihalelerde en iyi teklifi seçmek amacıyla kriterleri değerlendirme (Hao & Qing-Sheng 2006); yurt çapında yaygın olarak faaliyet gösteren kamu bankalarının performanslarının belirlenmesi (Demireli 2010); taş ve toprağa dayalı sektörde ve metal eşya yapım sektöründe faaliyet gösteren çok sayıda işletmenin performans ölçümünü değerlendirme (Soba vd. 2012); çevrim santalinin bakım planlamasının yapılması (Özcan & Eren 2014); bankacılıkta hizmet kalitesinin değerlendirilmesi (Bağcı vd. 2017); konutlarda güneş enerjisinden elektrik enerjisi üretmenin maliyeti, verimliliği ve rasyonel bir seçim olup olmadığını belirleme (Güngül vd. 2018)

### 3. MATERYAL VE METOT

#### 3.1. Materyal

Çalışmada ilk basamak olarak Anket metodu kullanılmıştır. Bu metodun üç temel yönü vardır: örneklem bulma, veri toplama ve veri analizi. Çalışmadaki örneklemimiz üniversite öğrencileri, veri toplama yöntemi uluslararası kriterlere uygun likert ölçeği kullanılan anketler ve veri analizi aracı SPSS programıdır. Anket çalışmasının amacı öğrencilerin ders seçiminde dikkate aldıkları kriterlerin belirlenmesi ve değerlendirilmesidir.

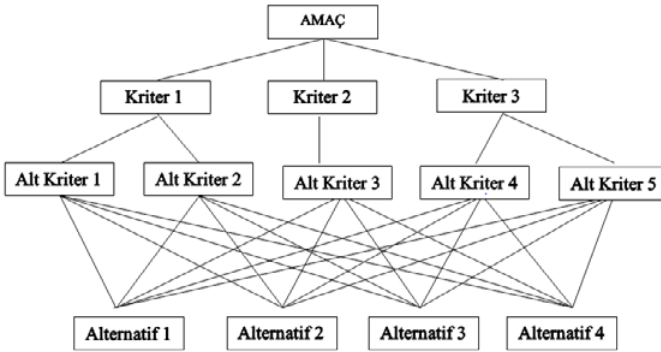
#### 3.2. Metot

##### 3.2.1. Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri

Çok Kriterli Karar Verme, birçok disiplinde en hızlı büyüyen konulardan biri olmuştur. Buradaki temel sorun, alternatiflerin kriterler açısından nasıl değerlendirileceğidir (Güngül vd. 2018). Seçim ve değerlendirme ile ilgili tüm pratik problemlerde neredeyse her zaman kriterlerin farklı önemi vardır. Kriterlerin öncelikleri ise ağırlıklı katsayılarla ifade edilir. Bu yüzden, her karar verici, kriter öncelik ölçeği oluşturmalıdır. Bu işlem de doğrudan veya dolaylı olarak yapılabilir (Triantaphyllou 2000). Bu nedenle çalışmayı yürütürken 'Verilen bir problem için en iyi yöntem hangisidir?' sorusu en önemli ve zorlu problemlerden biri haline gelmiştir (Zizovic vd. 2017). Buna çözüm olarak süreç araştırması, yönetim bilimi, bilgisayar bilimi ve istatistik gibi bilimsel disiplinlerde birçok çok kriterli karar yöntemi ve tekniği önerilmiş ve detaylandırılmıştır. Günümüzde enerji yönetimi, çevre planlaması, kamu hizmetleri, sağlık hizmetleri, ulaştırma, lojistik, pazarlama, insan kaynakları yönetimi ve finans gibi çok çeşitli alanlarda çok kriterli karar verme yöntemleri kullanılmıştır (Chandran vd. 2005).

##### 3.2.1.1. Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP)

Çok kriterli karar verme yöntemlerinden biri olan AHP, 1970'li yıllarda Thomas L. Saaty tarafından bulunmuştur. AHP yöntemi, alternatiflerin karşılaştırılması, değerlendirilmesi, sıralanması ve seçilmesinde kullanılmaktadır (Saaty 1990). AHP, karar vericinin karmaşık bir problemi hiyerarşik düzende en üst seviyede amaç, orta seviyelerde kriterler ile alt kriterler ve en düşük seviyede alternatifler olarak (Şekil 1) sunarak aralarındaki ilişkiyi onlardan en iyisini seçmesi için gerçekleştirilen nicel bir metottur (Russell & Taylor 2003). Ayrıca AHP, nicel değerlendirme kriterlerini ele aldığı gibi nitel değerlendirme kriterlerini de dikkate alabildiğinden yaygın olarak kullanılan çok kriterli bir karar verme tekniğidir (Şenkayas vd. 2010).



Şekil 1. AHP Yöntemi Genel Hiyerarşi Yapısı (Saaty & Vargas 2001)



AHP'de her şeyden önce, karar vericilerin karmaşık çok kriterli karar problemlerini, mümkün olan her bir özelliğin düzenlenmiş bileşenlerine ayrılması gerekmektedir. Bundan sonra karar üreticilerin kendi deneyim ve bilgisine göre her kümeyi aynı şekilde karşılaştırması istenir. Karşılaştırmalar yapıldığında kişisel veya öznel yargılamalar dolayısıyla tutarsızlık derecesi oluşabilir. Kararların uyumlu olmasını sağlamak için gerekli operasyon, tutarlılık doğrulaması olarak adlandırılır. Tutarlılık oranının sınırı aştığı tespit edilirse, karar vericiler ikili değerlendirmeleri gözden geçirmeli ve revize etmelidir (Ho 2008).

### 3.2.1.2. Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS)

Bu yöntem Hwang ve Yoon 1981 yılında tarafından geliştirilmiştir (Hwang & Yoon 1981). TOPSIS yöntemi, alternatiflerin belirli kriterler dikkate alınarak ve kriterlerin alabileceği maksimum ve minimum değerlerin hesaplanarak, aralarındaki ideal çözüme en yakın ve negatif-ideal çözüme en uzak olan alternatifin seçilmesi prensibi üzerine inşa edilmiştir (Eleren & Karagül 2008).

Bu yöntemin adımları aşağıda kısaca verilmiştir.

**Adım 1:** Normalleştirilmiş karar matrisi elde edilmesi

$i = 1, 2, \dots, m$  ve  $j = 1, 2, \dots, n$  olmak üzere, bunların temel matrisinde veriler vektör normalizasyonu kullanılarak normalleştirilir.

$$N_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m a_{ij}^2}} \quad (1)$$

**Adım 2:** Ağırlıklı normalleştirilmiş karar matrisinin elde edilmesi

Bu adımda ağırlıklar kümesine  $\underline{W} = (W_1, W_2, \dots, W_n)^T$ ,  $\sum_{i=1}^n W_i = 1$  karar verici tarafından karar matrisi uygulanır. Normalize matris ile elde edilen  $n_{ij}$  değerleri  $w_{ij}$  ağırlıkları ile çarpılarak ağırlıklandırılmış normalize matris (V matrisi) elde edilir.

$$V_{ij} = \begin{bmatrix} v_{11} & v_{12} & \dots & v_{1n} \\ v_{21} & v_{22} & \dots & v_{2n} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ v_{m1} & v_{m2} & \dots & v_{mn} \end{bmatrix} \quad (2)$$

**Adım 3:** İdeal ve negatif-ideal çözüm değerlerinin elde edilmesi

Eğer amaç maksimizasyon ise her bir sütuna ait maksimum değerler tespit edilir. Bu maksimum değerler ideal çözüm değerleridir. Daha sonra ise yine her bir sütuna ait minimum değerler elde edilir. Bu da negatif ideal çözüm değerleridir. Amacın minimizasyon olma durumunda elde edilen değerler tam tersi olacaktır. İdeal ve negatif ideal çözüm değerlerinin elde edilmesi ile ilgili notasyon aşağıdaki gibi gösterilmiştir;

İki tane yapay alternatif  $A^*$  (ideal çözüm) ve  $A^-$  (negatif ideal çözüm) tanımlansın. Burada;

$$A^* = \{(max v_{ij} | j \in J), (min v_{ij} | j \in J') | i = 1, 2, \dots, m\} = \{v_1^*, v_2^*, \dots, v_j^*, \dots, v_n^*\}$$

her bir sütuna ait maksimum değerlerdir.

$$A^- = \{(min v_{ij} | j \in J), (max v_{ij} | j \in J') | i = 1, 2, \dots, m\} = \{v_1^-, v_2^-, \dots, v_j^-, \dots, v_n^-\}$$

her bir sütuna ait minimum değerlerdir.

(3)

**Adım 4:** İdeal ve negatif ideal noktalara olan uzaklık değerlerinin elde edilmesi

İdeal ve ideal olmayan noktalara olan uzaklık değerleri hesaplanırken öklidyen uzaklık kullanılmaktadır. Koordinat düzleminde x ve y koordinatları bilinen iki nokta arasındaki mesafenin bulunmasında;

$$d_{ij} = \sqrt{\sum_{k=1}^p (x_{ik} - x_{jk})^2} \quad (4)$$

formülünden faydalanılmaktadır. Burada;

$x_{ik}$ : i. Gözlemin k. değişken değeri

$x_{jk}$ : j. Gözlemin k. değişken değeri

p: değişken sayısını göstermektedir.

İdeal çözüme en yakın öklidyen uzaklık ile negatif ideal çözüme en uzak uzaklık tespit edilmeye çalışılır. Bu formül ile ideal ve ideal olmayan noktalara olan uzaklığın hesaplanabilmesi için genelleştirilecek olursa aşağıdaki gibi bir hesaplama yolu izlenir:

$$\text{İdeal uzaklık: } S_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^+)^2} \quad (5)$$

$$\text{Negatif ideal uzaklık: } S_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^-)^2} \quad (6)$$

**Adım 5:** İdeal çözüme göreli yakınlığın hesaplanması

Her bir karar noktasının ideal çözüme göreli yakınlığının hesaplanmasında ideal ve ideal olmayan noktalara uzaklıklardan yararlanılır. İdeal çözüme göreli yakınlık  $C_i^*$  ile sembolize edilir ve aşağıdaki (7) denklemi ile hesaplanır:

$$C_i^* = \frac{S_i^-}{S_i^- + S_i^+} \quad (7)$$

Burada  $C_i^*$  değeri  $0 \leq C_i^* \leq 1$  aralığında değer alır ve  $C_i^* = 1$  ilgili karar noktasının ideal çözüme mutlak çözüm yakınlığını gösterirken,  $C_i^* = 0$  ise ilgili karar noktasının negatif ideal çözüme mutlak yakınlığını gösterir.

Çalışmada, bu adımlar Microsoft Excel'de uygulandıktan sonra elde edilen sıralamada en yüksek değere sahip olan sonuç seçilmiştir.

## 4. UYGULAMA

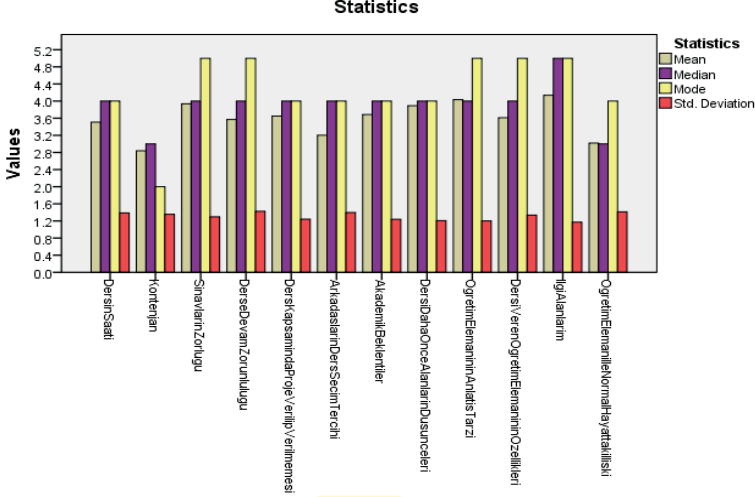
Seçmeli ders seçiminde doğru kararlar verilmesi, öğrencilerin zamanını daha verimli şekilde kullanması ve beklentilerinin doğru şekilde karşılanması için çok önemlidir. Bu sebeple ilk olarak öğrenci beklentilerine karar vermeli yani kriterlerini belirlemeli daha sonra değerlendirmelerini ve seçimlerini yapmalıdır. Bu çalışmada amaç bir üniversitede 4. Sınıf öğrencilerinin, 4 seçmeli dersten kendine uygun olan dersi belirli kriterler doğrultusunda seçmelerini sağlamaktır.

Seçmeli Dersler şunlardır;

- Esnek Üretim Sistemlerinin Modellenmesi,
- Bulanık Küme Teorisine Giriş,
- Bütünleşik Ürün Geliştirme,

- Üretim Hatları ve Yönetimi.

Kriterlerin belirlenmesi ve değerlendirilmesi aşamasında yapılan anket ve SPSS programı uygulamaları sonucunda hangi kriterlerin ne oranda önemsendiği bulunmuştur (Şekil 2).



Şekil 2. Kriterlerin Karşılaştırılmasının Genel Sonucu

Çalışmada ele alınan ana kriterler şöyle belirlenmiştir:

- Arkadaşlar,
- Öğretim Elemanı,
- Ders İçeriği,
- Dersin Özellikleri,
- Kişisel Beklentiler.

Alt kriterler ise şunlardır:

- Arkadaşların ders seçim tercihi (AK1)
- Dersi daha önce alanların düşünceleri (AK2)
- Dersi veren öğretim elemanının özellikleri-ünvanı (AK3)
- Öğretim elemanının anlatış tarzı (AK4)
- Öğretim elemanı ile normal hayattaki ilişki (AK5)
- Ders kapsamında ödev ve proje verilip verilmemesi (AK6)
- Sınavların zorluğu (AK7)
- Ders saati-Dersin günü (AK8)
- Dersi seçecek kişi sayısı-Kontenjan (AK9)
- Derse devam zorunluluğu (AK10)
- İlgili alanları (AK11)
- Akademik beklentiler (AK12)

SPSS programından alınan kriterlerin istatistiklerine göre; öğrenciler açısından kriterler arası genel önem sıralaması büyükten küçüğe şöyle sıralanabilir:

İlgi alanları, öğretim elemanının anlatış tarzı, sınavların zorluğu, dersi daha önce alanların düşünceleri, akademik beklentiler, ders kapsamında proje verilip-verilmemesi, dersi veren öğretim elemanının unvanı, derse devam zorunluluğu, dersin saati ve günü, arkadaşların ders seçimi tercihi ve öğretim elemanı ile normal hayattaki ilişkisi.

Oluşturulan diğer sıklık tablolarından ise kriterlerin ikili karşılaştırmaları tamamlanırken yararlanılmıştır.

#### 4.1. AHP Uygulaması

Öncelikle, karar vericilerin karmaşık çok kriterli karar problemlerini, mümkün olan her bir özelliğin düzenlenmiş bileşenlerine ayırması gerekir. Bundan sonra karar üreticilerin kendi deneyim ve bilgisine göre her kümeyi aynı şekilde karşılaştırmaları gerekir (Ho 2008).

Çalışmada AHP uygulaması için bu alanda kullanılan Super Decisions paket programı kullanılmıştır. Sırasıyla amaç, kriterler, alt kriterler ve alternatifler belirlenip tablolar oluşturulduktan sonra aralarındaki bağlantılar çizilmiş, daha sonra kriterler kendi arasında, alt kriterler kendi arasında ve alternatifler kriterlere göre anket sonuçları göz önüne alınarak puanlandırılmıştır. Alt kriterlerin ağırlıkları bulunup alternatiflere göre gerekli seçimler yapıldığında sonuç olarak seçilmesi gereken derslerin sıralaması elde edilmiştir (Tablo 1). Sıralama Esnek Üretim Sistemlerinin Modellenmesi, Bütünleşik Ürün Geliştirme, Üretim Hatları ve Yönetimi ve Bulanık Küme Teorisine Giriş şeklindedir.

| Name                                    | Graphic | Ideals   | Normals  | Raw      |
|-----------------------------------------|---------|----------|----------|----------|
| Bulanık Küme Teorisine Giriş            |         | 0.665508 | 0.206550 | 0.206550 |
| Bütünleşik Ürün Geliştirme              |         | 0.877556 | 0.272362 | 0.272362 |
| Esnek Üretim Sistemlerinin Modellenmesi |         | 1.000000 | 0.310364 | 0.310364 |
| Üretim Hatları ve Yönetimi              |         | 0.678954 | 0.210723 | 0.210723 |

Tablo 1. Seçmeli Ders Seçimi AHP Uygulaması Super Decisions Sonucu

#### 4.2. TOPSIS Uygulaması

İlk adım olarak anket sonuçlarına göre karar matrisi oluşturulmuş ve kriterlerin ağırlıkları belirlenmiştir (Tablo 2).

| Ağırlık         |                     | 0,007 | 0,047 | 0,007 | 0,079 | 0,019 | 0,052 | 0,21 | 0,006 | 0,001 | 0,016 | 0,457 | 0,091 |
|-----------------|---------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Kriterler       |                     | AK1   | AK2   | AK3   | AK4   | AK5   | AK6   | AK7  | AK8   | AK9   | AK10  | AK11  | AK12  |
| SEÇMELİ DERSLER | Esn. Ür. Sis. Mod.  | 8     | 8     | 6     | 6     | 8     | 7     | 6    | 4     | 5     | 9     | 8     | 3     |
|                 | Bul. Küm. Teo. Gir. | 3     | 2     | 2     | 5     | 3     | 3     | 4    | 5     | 6     | 8     | 5     | 5     |
|                 | Büt. Ür. Gel.       | 6     | 7     | 3     | 8     | 5     | 5     | 7    | 8     | 4     | 7     | 7     | 6     |
|                 | Üret. Hat. ve Yön.  | 7     | 5     | 5     | 9     | 7     | 4     | 5    | 7     | 8     | 3     | 6     | 7     |

Tablo 2. Karar Matrisi

Daha sonra, Bölüm 3.2.1.2’de anlatıldığı üzere ilgili adımlar uygulandıktan sonra son adımda (5), (6) ve (7) formülleri kullanılarak hangi dersi seçeceğimize karar vermemizi sağlayan uzaklık hesabı yapılmıştır.

| ALTERNATİFLER                           | $S^+$ | $S^-$ | $C^+$ |
|-----------------------------------------|-------|-------|-------|
| Esnek Üretim Sistemlerinin Modellenmesi | 0,042 | 0,116 | 0,735 |
| Bulanık Küme Teorisine Giriş            | 0,126 | 0,018 | 0,123 |
| Bütünleşik Ürün Geliştirme              | 0,038 | 0,097 | 0,717 |
| Üretim Hatları ve Yönetimi              | 0,081 | 0,058 | 0,416 |

**Tablo 3.** Seçmeli Ders Seçimi TOPSIS Yöntemi İle Uygulama Sonuçları

Tablo 3'e göre sıralama; Esnek Üretim Sistemlerinin Modellenmesi>Bütünleşik Ürün Geliştirme>Üretim Hatları ve Yönetimi>Bulanık Küme Teorisine Giriş şeklinde yapılmıştır.

## 5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada öğrencilerin seçmeli ders seçimi sırasında rasgele karar vermesi değil, kendi kriterleri doğrultusunda en uygun olan dersi seçmesi amaçlanmıştır. Yapılan iki uygulamanın sonucunda ilk sıradaki ders Esnek Üretim Sistemlerinin Modellenmesi, ikinci Bütünleşik Ürün Geliştirme, üçüncü Üretim Hatları ve Yönetimi ve sonuncu Bulanık Küme Teorisine Giriş olarak bulunmuştur.

Sonuç olarak ders seçiminde kriterler ve kriterlerin önem dereceleri öğrencilere göre farklılık göstermektedir. Gelecek çalışmalarda bu soruna çözüm olarak ders seçimi sırasında kayıt sayfasının yanında öğrencilerin kolaylıkla kullanabileceği kendi kriterlerine ve alternatiflerine göre doldurup en uygun sonucu alacakları bir yazılım oluşturulabilir. Ayrıca Bulanık AHP, Vise Kriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje (VIKOR), Bulanık TOPSIS gibi diğer çok kriterli karar verme yöntemlerini kullanmak da düşünülebilir. Böylece, öğrencilerin eğitim süreçlerinde ders seçimi konusunda en doğru kararı vermesine olanak sağlanabilir.

## KAYNAKLAR

1. Bağcı, B., Hoş, S., Demirer, Ö. (2017). Bankacılıkta Hizmet Kalitesinin AHP ve TOPSIS Teknikleriyle Değerlendirilmesi: Çorum Örneği, Hitit Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 10(2), 1617-1638.
2. Chandran, B., Golden, B., Wasil, E. (2005). Linear Programming Models for Estimating Weights in the Analytic Hierarchy Process, Computers & Operations Research, 32(9), 2235-2254.
3. Cheng, E.W.L & Li, H. (2001). Analytic Hierarchy Process: An Approach to Determine Measures for Business Performance, Measuring Business Excellence, 3(3), 30-36.
4. Dağdeviren, M. & Eren T. (2001). Tedarikçi Firma Seçiminde Analitik Hiyerarşi Prosesi ve 0-1 Hedef Programlama Yöntemlerinin Kullanılması, Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 16 (1-2), 41-52.
5. Dağdeviren, M., Akay, D., Kurt, M. (2004). İş Değerlendirme Sürecinde Analitik Hiyerarşi Prosesi ve Uygulaması, Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Dergisi, 19(2), 131-138.
6. Demireli, E. (2010). TOPSIS Çok Kriterli Karar Verme Sistemi: Türkiye'deki Kamu Bankaları Üzerine Bir Uygulama, Girişimcilik ve Kalkınma Dergisi, 5(1), 101-112.
7. Eleren, A. & Karagül, M. (2008). 1986-2006 Türkiye Ekonomisinin Performans Değerlendirmesi, Celal Bayar Üniversitesi İİBF Yönetim ve Ekonomi Dergisi, 15(1), 1-14.
8. Güngül, M., Bayraç, H.N., Güllü, M. (2018). Türkiye'de Konutlarda Güneş Enerjisinden Elektrik Üretiminin TOPSIS Yöntemiyle Analizi, Ulusal Çevre Bilimleri Araştırma Dergisi, 1(3), 133-144.

9. Hao, L. & Qing-Sheng, X. (2006). Application of TOPSIS in the Bidding Evaluation of Manufacturing Enterprises, 5th International Conference on e- Engineering&Digital Enterprise Technology, 16-18 August, Guiyang, China, 184-188.
10. Ho, W. (2008). Integrated Analytic Hierarchy Process and Its Applications-A Literature Review, *European Journal of Operational Research*, 186(1), 211-228.
11. Hwang C.L. & Yoon K. (1981). Multiple Attribute Decision Making: Methods and Application, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, Vol.186, Berlin Heidelberg.
12. Kavas, E. 2009. Analitik Hiyerarşik Süreç Yöntemiyle İzmir İlinde Heyelan Duyarlılığının Coğrafi Bilgi Sistemleri Tabanlı İncelenmesi, TMMOB Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi (CBS2009), 02-06 Kasım 2009, İzmir.
13. Mamat, N.J.Z. & Daniel, J.K. (2007). Statistical Analyses on Time Complexity and Rank Consistency Between Singular Value Decomposition and The Duality Approach in AHP: a Case Study of Faculty Member Selection, *Mathematical and Computer Modeling*, 46(7-8), 1099-1106.
14. Nydick, R.L., & Hill, R.P. (1992). Using the Analytic Hierarchy Process to Structure the Supplier Selection Procedure. *International Journal of Purchasing and Materials Management*, 28(2), 31-36.
15. Önüt, S., Akbaş, S., Yılmaz, G. (2008). The Comparison of Service Quality of Domestic Airlines In Turkey, *Journal of Engineering and Natural Sciences*, 25(4), 349-358.
16. Özcan E.C. & Eren T. (2014). Bakım Planlamasında TOPSIS Yöntemi Uygulaması: Doğalgaz Kombine Çevrim Santrali Örneği, *Uluslararası Mühendislik Araştırma ve Geliştirme Dergisi*, 6(2), 26-38.
17. Saaty, T.L. (1990). How to Make a Decision: The Analytic Hierarch Process, *Interfaces*, 24 (6), 19-43.
18. Saaty, T.L. & Vargas, L.G. (2001). Models, Methods, Concepts & Applications of The Analytic Hierarchy Process, Springer US, Vol.125, New York, USA.
19. Soba, M., Akcanlı, F., Erem, I. (2012). İMKB'ye Kayıtlı Seçilmiş İşletmelere Yönelik Etkinlik Ölçümü ve Performans Değerlendirmesi: Veri Zarflama Analizi ve TOPSIS Uygulaması, *Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 27, 229-243.
20. Şenkayas, H., Öztürk, M., Sezen, G. (2010). Lojistik Tedarikçilerin Seçiminde Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) Yöntemi: Mondial Şirketinde Bir Uygulama, *Pamukkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 5, 161-176.
21. Teymur, M. & Tüzüner, L. (2006). Sales Representative Selection of Pharmaceutical Firms by Analytic Hierarchy Process, *The Journal of American Academy of Business*, Cambridge, 8(1), 287-293.
22. Triantaphyllou, E. (2000). Multi-criteria Decision Making Methods, A Comparative Study, Springer US, Vol.44, USA.
23. Yahya, S., Kingsman, B. (1999). Vendor Rating for an Entrepreneur Development Programme: A Case Study Using the Analytic Hierarchy Process Method, *Journal of the Operational Research Society*, 50(9): 916-930.
24. Zizovic, M.M., Damljanovic, N., Zizovic, M.R. (2017). Multi-Criteria Decision Making Method for Models with the Dominant Criterion, *Faculty of Sciences and Mathematics*, 31(10), 2981-2989.

# Tekerlek İçi Fırçasız Doğru Akım Motorlarının Isıl Devre Modeli ile Sıcaklık Etkilerinin İncelenmesi

**Ali Sinan ÇABUK<sup>1</sup>**

## CHAPTER 6

---

<sup>1</sup> PhD ,Istanbul Technical University, Electrical & Electronics Engineering Faculty, Electrical Engineering Dept.





## 1. GİRİŞ

Tekerlek içi fırçasız doğru akım (FDA) motorlarındaki sıcaklık etkisi motorun performansını etkileyen önemli etkenlerden birisidir. Tekerlek içi yapıya sahip olan elektrik motorlarında soğutma amaçlı kullanılacak olan ilave yapılara (vantilatör, soğutma kanatçıkları...vb.) alan sınırlamasından dolayı tasarımlarda yer verilememektedir ve bu motorlarda ısıl etkinin iyi analiz edilmesi gerekmektedir. Motor gövde içi sıcaklığının olumsuz etkilerinden dolayı tekerlek içi FDA motoru tasarımlarının ısıl etkilerin en aza indirilecek tasarım bileşenlerine sahip olacak bir şekilde düzenlenmelidir. Isıl etkileri iyi analiz edilmeyen ve sıcaklık artışı engelleyecek bir tasarıma sahip olmayan tekerlek içi FDA motorun kayıplarının artarak verimi düşük çalışma durumuna geçmesi görülebilir [1-4]. Bununla birlikte ön görülmeyen bu ısıl etkiler tekerlek içi FDA motorunun rotorunda bulunan sürekli mıknatısların curie sıcaklığı değerini aşarak mıknatısların geri dönüşümüne bozunuma uğramasına, sargıların aşırı ısınmasına ve motor sargı yalıtkanlarının zarar görmesine neden olur [5-8]. Bu sıcaklık artışı sınırlandırılmazsa motorun çalışma ömrü azalacak ve arıza durumuna geçişi kolaylaşacaktır.

Elektrik motorları nominal güç değerlerinde sürekli olarak çalışabilirler. Nominal güç ifadesi; sürekli çalışma durumunda verebilecek en büyük mil gücü olarak tanımlanabilir. Elektrik motorları yük altında çalışırken nominal yük değerinden daha fazla yüklenmesi durumunda da kısa süreli olarak çalışabilir. Kısa süreli olan bu çalışma durumunun motor üzerine zararlı etkileri vardır, ancak bu çalışma süresi uzun olmadığı sürece bu etkiler kabul edilebilir düzeydedir. Aşırı yük durumundaki çalışma zamanı uzatılırsa ısınmadan kaynaklı oluşacak olan hasarlar meydana gelir [9-11]. Bundan dolayı aşırı yük durum süresi ve motor sıcaklık değerlerinin kontrol altında tutulması önemlidir. Bu sıcaklık değerleri ve elektrik makinalarına verecekleri etkilerle ilgili standartlar pratik uygulamalarda oldukça önemlidir [12]. Gerek motorların ısıl performans testleri ile ilgili standartlar, gerekse çeşitli yüklerde çalıştırmak için gerekli olan performans ölçütleri ve çalışma koşullarıyla ilgili standartlar döner elektrik makinalarının performans değerlendirmeleri uluslararası standartı olan IEC 60034-1 standartı altında yer almaktadır [13]. Bu standartlarda belirtilen çalışma durumları ideal ve belirli durumlar için verilmiştir. Endüstriyel uygulamalarda kullanılan elektrik motorları ideal durumların dışına çıktığı pekçok durumla karşılaşmaktadır. Bu tip durumlar için elektrik motorunun ısıl devre modelinin bilinmesi birçok problemin çözümüne yardımcı olacaktır.

## 2. ELEKTRİK MOTORLARINDA ISIL ETKİ

Elektrik motorları üzerine birçok olumsuzlukları olan motor içi ısıl etkilerin motor gövdesinden uzaklaştırılması gerekmektedir. Elektrik makinalarında ısıl enerjinin transferi; iletim, ışıma ve taşınım ile gerçekleşir. Bunlar arasında havanın ısı taşınım etkisi en önemli transfer şeklidir [9,14,15]. İletimle ısı transferide gövde içindeki sıcaklığın makinanın metal aksamı üzerinden gövde dışına atılması şeklindedir. Bunun için elektrik motorlarında en çok tercih edilen yöntem gövdeye çıkıntı oluşturacak kanatçıklar yerleştirmektir. Diğer bir yöntem ise motorun tahrik miline bağlı bir pervane yardımıyla kendi kendisine soğutmasıdır. Tekerlek içi FDA motorlarda alan yetersizliği nedeniyle bu tip yöntemler uygulanamaz bir niteliktedir. Harici soğutma yöntemleri ise (akışkan soğutucu sıvı kullanılması vb.) üretim maliyetini artıran bir fonksiyon oldukları için çoğunlukla tercih edilmezler. ışıma ile ısı transferi ise elektrik makinalarında diğer yöntemlere göre çok düşük değerlidir ve çoğu zaman göz ardı edilir.

Elektrik motoru tasarım özelliği ve rotor-stator gibi parçalarının ısıl iletim özellikleri motor iç sıcaklığının uzaklaştırılmasına doğrudan etkiler. Bununla birlikte özellikle emaye, vernik ve boyalı elektrik motorlarında ısı transferi daha da zorlaşmaktadır.

## 2.1. İletim Yoluyla Isı Transferi

Elektrik makinasını oluşturan metal parçalarda ısınma olduğu zaman, bu parçaları oluşturan yapının tanecikleri ısınmadan dolayı titreşim yaparak hareketlenir, titreşen bu tanecikler etkileşim durumundaki diğer tanecikleri de etkiler, ısıl etkinin bu şekilde makinanın metal yapısındaki madde taneciklerinin titreşim hareketi ile ısı transferine iletim yoluyla yayılma denir. Bu parçalarda kullanılan maddenin ısı iletimi ne kadar iyi ise makine içerisinde oluşan sıcaklık o kadar kolay uzaklaştırılabilir. İletim yoluyla ısı transferi denklem 2.1'de görüldüğü gibi malzemenin ısıl geçirgenliğine bağlı olarak değişim gösterir.

$$Q = k A \frac{dT}{dx} \approx k A \frac{\Delta T}{t} \quad (2.1)$$

Burada  $t$  kalınlık,  $A$  yüzey alanı,  $\Delta T$  sıcaklık değişimi,  $k$  ise ısıl geçirgenlik katsayısıdır ve  $W/^{\circ}C$  birimi ile ifade edilir. ısıl geçirgenlik malzeme türüne göre değişim gösterir [9,12,14]. Elektriksel iletimi iyi olan malzemelerin ısıl geçirgenliklerinde yüksektir. ısıl direnç ise denklem 2.2'de verildiği gibi sıcaklık değişiminin ısı iletimine oranıdır.

$$R = \frac{dT}{Q} = \frac{t}{k A} \quad (2.2)$$

ısıl direnç ısıl sığa parametresi olarakta bilinmektedir. Bu parametre  $k$ ,  $A$  ve  $t$ 'nin zor belirlendiği durumlar için kullanılabilir [9,12,14,16]. Temas direnci ısı transferi gerçekleştiren iki yüzey arasında meydana gelir. Özellikle sıkı sıkı yerleşmiş metal yüzeyler arasındaki ısı durumları için temas direnci kullanılır. Bununla birlikte elektrik makinalarındaki temas dirençleri, ısıl hesaplardaki en önemli belirsizliktir. Tekerek içi FDA motorlardaki en önemli ısıl etkileşim sarım iletkenlerinin kendi arasında, sargılar ile yalıtım malzemesi, yalıtım mazemesi ile stator oluk sacı ve stator sacı ile gövde arasındadır. Bunların hesaplanması bazen imkansız olabilir, bu durumda yapılan test ölçüm sonuçları esas alınabilir.

## 2.2. Işınım Yoluyla Isı Transferi

Isının herhangi bir maddesel ortama gereksinim duymadan boşluğu kullanarak radyasyon şeklinde yayılmasına ısınım yoluyla ısı transferi denir. Elektrik makine parçalarında ısınmış olan her malzemenin yaydığı gözle görülebilen bir ısınma vardır. Isı enerjisi bu yolla bulunduğu ortamdan dışarıya atılabilir. Işıma ifadesi denklem 2.3'de verilen Stefan-Boltzmann denklemininle tanımlanır.

$$\frac{Q}{A} = e \sigma (T_1^4 - T_2^4) \quad (2.3)$$

Burada  $\sigma$  Stefan-Boltzmann sabitidir ve ısıyı en iyi yayan siyah yüzeyler için  $5,67 \cdot 10^{-8}$  veya  $3,66 \cdot 10^{-11}$  alınabilir [9,12,14,6,17]. Vernikli ve siyah boyalı yüzeylerden olabildiğince yüksek yayılım elde edilebilir. Çoğu uygulamada siyah ve vernikli yüzeyler için yayılım değeri 0,9 alınır [9,12].

## 2.3. Taşıma Yoluyla Isı Transferi

Akışkan hareketi ile ısının taşınımı işlemine taşıma yoluyla ısı transferi denir. Ortam gaz veya sıvı olduğunda ısı enerjisi bir yerden diğer bir yere sıcaklık farkından dolayı transfer edilir. Taşıma yoluyla ısının uzaklaştırılması denklem 2.4'de verilen Newton kanunuyla gerçekleşmektedir.

$$\frac{Q}{A} = h \Delta T \quad (2.4)$$

Soğuk ve sıcak yüzeyler arasındaki ısı fark  $\Delta T$  ile ifade edilmektedir.  $h$  ise ısı transfer katsayısıdır. Bu katsayı akışkanlık, hız, ısıl geçirgenlik ve soğutucun özelliklerine bağlıdır [9,12,14,6,17].

Taşıma yoluyla ısı tranferini doğal ve zorlamalı olarak iki grupta toplamak mümkündür. Doğal taşıma için ısı transfer katsayısı yatay olarak konumlandırılmış silindirik yapıdaki elektrik motorları için yaklaşık olarak denklem 2.5'deki gibi bulunabilir.

$$h \approx 2,14 \cdot 10^{-3} \left( \frac{\Delta T}{D} \right)^{1/4} \quad (2.5)$$

Zorlamalı taşımayla ısı transferi fan, vantilatör ve pompa gibi harici ekipmanlarla gerçekleştirilir [9,12,14,6,17]. Bu yöntem kullanıldığında ısı transfer katsayısı 5 veya 6 kat artış göstermektedir ve denklem 2.6'da verildiği gibi yaklaşık olarak hava hızının kare köküyle orantılıdır.

$$h \approx 11,2 \cdot 10^{-4} \sqrt{\frac{V}{L}} \quad (2.6)$$

Burada  $V$  hava hızı,  $L$  gövde uzunluğudur [9,12,14,6,17].

### 3. ISIL BENZETİM DEVRE MODELİ

Elektrik makinelerinin ısı sorunları ortaya çıktığından beri, araştırmacılar ve imalatçılar elektrik makinelerinde sıcaklık dağılımını tahmin etmek için analitik yöntemler geliştirmeye başlamışlardır [14,16-20]. Tekerlek içi FDA motorunun gövde içerisindeki rotor, stator ve mil gibi farklı kısımlardaki sıcaklıkları tahmin etmek için analitik ısı devre modelleri geliştirilmiştir. İlk kalkış anı, sürekli çalışma ve sürekli aşırı yüklenme durumlarında stator ve rotorun ısı davranışı birbirinden farklıdır. Bu nedenle, motor ısınma ve soğuma dinamikleri, stator ve rotor için ayrı ayrı incelenip sonrasında birleştirilmelidir. Stator ve rotor için ısı model denklem 3.1 ve 3.2'deki gibidir [21-23].

$$\Delta \Theta_S = [p_S \left( \frac{I}{I_N} \right)^2 \Delta \Theta_{NS}] \left[ 1 - e^{-t/\tau_{1S}} \right] + [(1 - p_S) \left( \frac{I}{I_N} \right)^2 \Delta \Theta_{NS}] \left[ 1 - e^{-t/\tau_{2S}} \right] \quad (3.1)$$

$$\Delta \Theta_R = [p_R \left( \frac{I}{I_N} \right)^2 \Delta \Theta_{NR}] \left[ 1 - e^{-t/\tau_{1R}} \right] + [(1 - p_R) \left( \frac{I}{I_N} \right)^2 \Delta \Theta_{NR}] \left[ 1 - e^{-t/\tau_{2R}} \right] \quad (3.2)$$

Burada  $\Delta \Theta_S$ ,  $\Delta \Theta_R$  stator ve rotordaki sıcaklık artışını,  $p_S$ ,  $p_R$  stator ve rotor veya bunların sargılarının kısa süre sabiti için ağırlık faktörü,  $I$  faz akımı,  $I_N$  nominal akım,  $\Theta_{NS}$ ,  $\Delta \Theta_{NR}$  stator ve rotor için nominal akım ve yük altındaki sıcaklık artışı,  $\tau_{1S}$ ,  $\tau_{1R}$  stator ve rotor sargılarının anlık ısınma veya soğuma zaman sabiti,  $\tau_{2S}$ ,  $\tau_{2R}$  stator ve rotor gövdesindeki ısınma veya soğuma zaman sabiti ve  $t$  zamanı verir.

Stator ve rotorun tahmini ısı değeri, ortam sıcaklığına hesaplanan sıcaklık artışları eklenerek elde edilebilir.  $\tau_{1S}$ ,  $\tau_{1R}$ ,  $\Delta \Theta_N$ ,  $I_N$  ve  $p$  değerleri ısı modeli çıkarılacak motor tipine göre belirlenir. Stator ve rotor için zaman sabitleri ve ağırlık faktörleri motorun sıcaklık eğrisinden çıkarılabilir. Nominal sıcaklık artışının değeri, motorun yalıtım sınıfına bağlıdır ve varsayılan ortam sıcaklığının izin verilen en yüksek sıcaklıktan çıkarılmasıyla elde edilir. Tablo 3.1 farklı yalıtım sınıfları için sıcaklık sınırlarını göstermektedir [21-23].

| Yalıtım Sınıfı | İzin Verilen En Yüksek Çalışma Sıcaklığı [°C] | En Yüksek Sıcak Nokta (Hot Spot) Sıcaklığı [°C] | En Yüksek Ortam Sıcaklığı [°C] | En Yüksek Ortam Sıcaklığını Geçemediği Kısa Süreli En Yüksek Çalışma Sıcaklığı [°C] |
|----------------|-----------------------------------------------|-------------------------------------------------|--------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| B              | 120                                           | 130                                             | 40                             | 80                                                                                  |
| F              | 145                                           | 155                                             | 40                             | 105                                                                                 |
| H              | 165                                           | 180                                             | 40                             | 125                                                                                 |

**Tablo 3.1.** Motor sargı yalıtım sınıfları ve çalışma sıcaklıkları [21,22]

Elektrik makinalarında tek-zaman sabiti kullanarak uygun ısıl modelleme gerçekleştirilebilir. Ama bunu gerçekleştirirken nominal yük ve aşırı yük durumlarını göz önüne almak gerekir. Bu tür bir modellemede, ısıl davranış iki farklı karakteristik eğriye sahiptir. Bunlardan biri kısa ve uzun süreli aşırı yükleri tanımlar, yani motorun “sıcak nokta” (hot spot) davranışını modeller. Diğeri ikincil ısıl etkilerini modeller, yani daha yavaş bir ısı emilimi gösteren motor parçalarının modellenmesidir. Denklem 3.3, 3.4 ve 3.5 bu tip modellemeyi ifade için kullanılır. “Sıcak nokta” elektrik makinesindeki en fazla ısınan nokta anlamına gelir. Bu genellikle stator oluk ortasındaki iletkenlerde meydana gelir. Böylece “sıcak nokta”nın ısıl değeri, yalıtkanların dayanımı için geçerli olan en yüksek sıcaklık olmalıdır.

$$\Theta_A = \left(\frac{I}{1,05 I_N}\right)^2 \left(1 - e^{-t/\tau}\right) 100\% \quad (3.3)$$

$$\Theta_B = \left(\frac{I}{1,05 I_N}\right)^2 \left(1 - e^{-t/\tau}\right) p\% \quad (3.4)$$

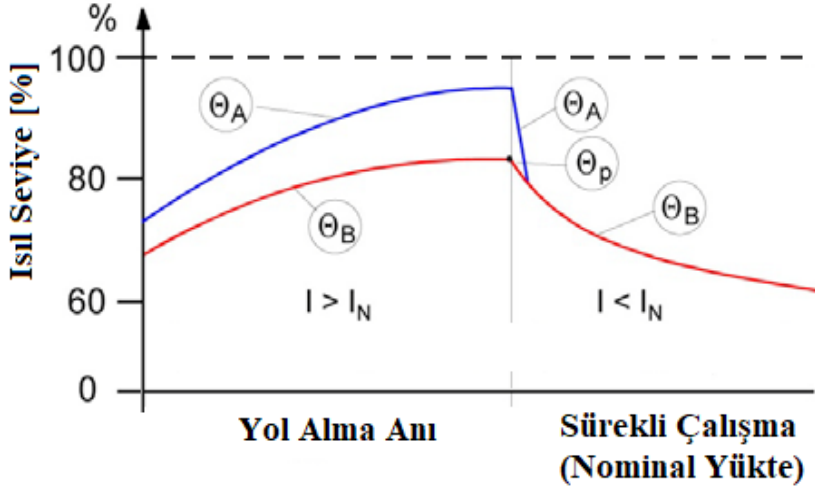
$\Theta_A$  “sıcak nokta” davranışdır, yani hızlı ısı emilimine sahip motor parçalarını tanımlayan ısıl seviyedir.  $\Theta_B$  yavaş ısı emilimine sahip motor parçaların ısıl geçmiş durumunun seviyesini tanımlar.  $\tau$  seçilen zaman sabiti ve  $p$  ise seçilen ağırlık faktörü için ısıl geçmiş durumdur [21-23].

Aşırı yük durumu sona erdiği zaman yani ölçülen akım değeri nominal akımdan düşük hale geldiğinde “sıcak nokta” davranışını tanımlayan ısıl seviye, kısa sürede sıcaklık seviyesi daha düşük olan bölgelerin seviyesine iner. Motorun ısıl davranış modeli “sıcak nokta” ısıl değeri motorun diğer parçalarının etkisiyle azalış gösterdiği zaman meydana gelir. Bu durum için denklem 3.5 geçerlidir [21-23].

$$\Theta_B = \left[\left(\frac{I}{1,05 I_N}\right)^2 (p - \Theta_p)\right] \left(1 - e^{-t/\tau}\right) + \Theta_p\% \quad (3.5)$$

Burada  $\Theta_p$  akım değerinin nominal akım değerinin altına düştüğünde hesaplanan ısıl seviyedir.

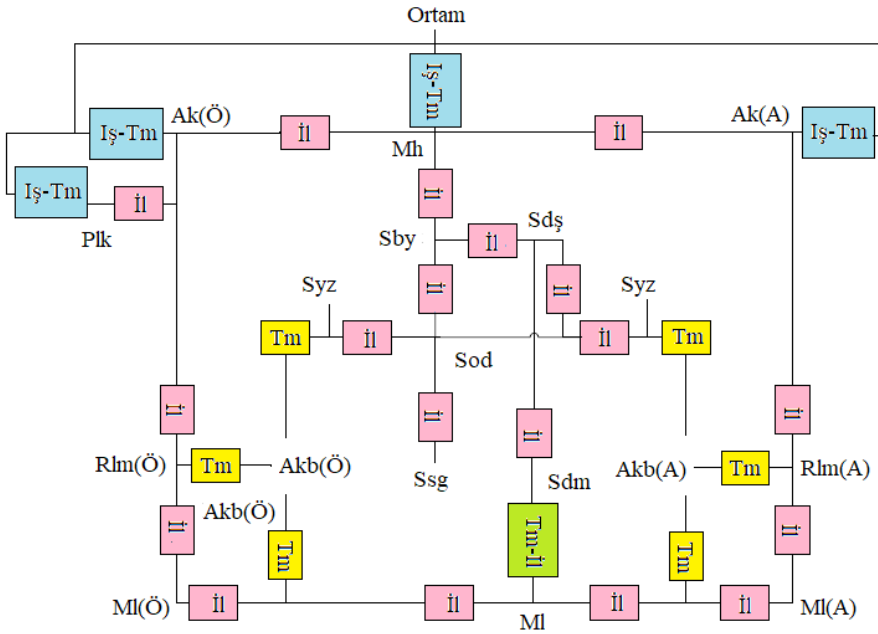
Denklem 3.3, 3.4 ve 3.5’deki çıkarımlar sonucunda Şekil 3.1’de tek-zaman sabiti modelinin ısıl davranışı verilmiştir.



Şekil 3.1. Tek-zaman sabiti modelinin ısı davranışı [22]

Şekil 3.1'deki %0 ısı seviye değeri ortam sıcaklığına ve %100 ısı seviye değeri ise izin verilen en yüksek sıcaklık değerine karşılık gelmektedir. Elektrik motorunun ısı davranışı yol alma anında ve sürekli çalışma durumunda farklılık göstermektedir. Burada  $\Theta_A$  ve  $\Theta_B$  durumlarının iki ayrı çalışma şekli için farklılık gösterdiği görülmektedir.

Çoğu araştırmacı ısı devre modellerini geliştirmek ve bu modellerin analizlerini gerçekleştirmek için elektrik motoruna ait ısı parametrelerin doğru olarak belirlenmesinin önemi üzerinde durmuşlardır. Bunun için temel bir ısı transferi bilgisine sahip olan kullanıcılar için elektrik makinelerinin ısı modellemesini basitleştirmek amacıyla Motor-CAD, Portunus, SimScale ve ANYSY Workbench gibi yazılım paketleri geliştirilmiştir [14,16-20]. Toplu ögeli devre (Lumped Devre) (LD) modeli, elektrik motorlarının ısı etkilerin modellenmesinde en yaygın kullanılan analitik yaklaşımdır. Isıl benzetim çalışması yapan yazılımlar LD modelini esas alarak çözümlemelerini gerçekleştirirler. Şekil 3.2'de belirtilen basitleştirilmiş elektrik motoru ısı devre modeli bu yaklaşımla oluşturulmuştur. Bu ısı devre modelinde, gövde içerisinde etkileşim halindeki parçalar ve bu parçalar arasında hangi tip ısı transfer yöntemiyle ısıнын aktarıldığı görülmektedir. Bu LD modelini anlayabilmek için Tablo 3.2'nin incelenmesi gerekmektedir.



### Şekil 3.2. Elektrik Motoru LD Modeli

| Kısaltma | Açıklama                | Kısaltma | Açıklama           |
|----------|-------------------------|----------|--------------------|
| Ö        | Ön                      | Mh       | Muhafaza           |
| A        | Arka                    | Plk      | Plaka              |
| İl       | İletim                  | MI       | Mil                |
| Tm       | Taşıma                  | Sod      | Stator Oyuk Duvarı |
| Iş       | Işınım                  | Sdm      | Sırt Demiri        |
| Rlm      | Rulman                  | Sby      | Stator Boyunduruğu |
| Ak       | Arka Kapak              | Sdş      | Stator Dişi        |
| Syz      | Sargı Yüzeyi            | Ssg      | Stator Sargısı     |
| Akb      | Arka Kapak Hava Boşluğu |          |                    |

**Tablo 3.2. LD Modeli Kısaltmalar**

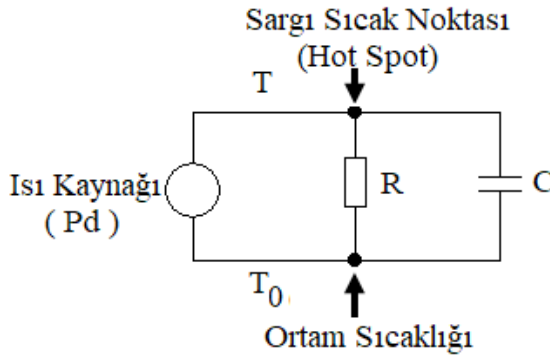
Basitleştirilmiş ısıl devre modeli oluşturulan elektrik motorunun ısıl akışlarının iletim yoluyla daha fazla olduğu görülmektedir. Bu ısıl devre modeli tasarımcılara, en büyük miktarda ısıl kapasitenin motordan uzaklaştırılması için nasıl bir geometri oluşturulması gerektiği konusunda yardımcı olmaktadır.

LD ısıll modellerini tasarlamak ve üzerinde çalışmak oldukça kolaydır. Bu modellerde kullanılan parametrelerin belirlenmesi daha kolay olduğundan kullanışlıdır. Bununla birlikte, elektrik motorlarının stator ve rotor gibi karmaşık parçaları için doğru analitik modeller geliştirmek zordur. Bu zorluklar tam olarak çözüme kavuşturulmadan yapılan

analizler gerçeğe uygun olmayan sonuçlar verebilir. Bundan dolayı yalnızca analitik modelleme yöntemlerine dayanarak geliştirilen ısı modeller elektrik motorları için yeterli olmayabilir. Bu tip durumlarda modelin gerçekleşmesi ve test düzenekleri yardımıyla ölçüm sonuçlarının alınması en doğru olan çözüm yöntemidir. Ama birçok araştırmacı ve imalatçı üretim safhasına geçmeden önce tasarımlarının gerçekçi ortam koşullarında vereceği tepkileri önceden belirlemek istemektedir. Isıl devre modelleri bu yönüyle araştırmacı ve imalatçılara yol gösterici vazifesi görmektedir. Birçok bilimsel araştırma verisi ısı devre modeliyle bulunan sonuçların gerçek ölçüm sonuçlarıyla uyuştuğunu desteklemektedir.

#### 4. TEKERLEK İÇİ FDA MOTORU İÇİN ISIL DEVRE MODELİ

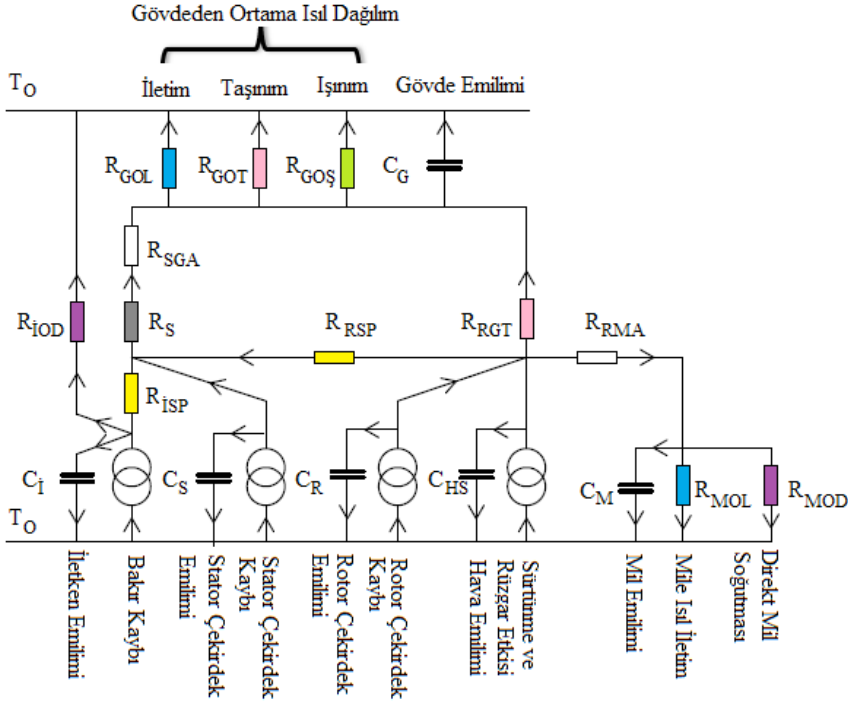
Tekerlek içi FDA motoru iç ısı eşdeğer devresi için Şekil 4.1’de verilen basitleştirilmiş model basit ve pratik uygulamalar için kullanışlıdır.



Şekil 4.1. Isıl Eşdeğer Devresi [9]

Şekil 4.1’de görülen ısı eşdeğer devre basit bir elektrik devresine benzetilebilir. Isı akım kaynağından üretilir ve sıcaklıkta gerilim olarak düşünülebilir. Üretilen ısı oranı değeri Watt cinsinden ölçülebilir. Eşdeğer devredeki akıma karşılık gelen ısı akış oranıda Watt olarak ölçülebilir. Isıl eşdeğer devresinde kullanılan “R” direnç değeri  $^{\circ}\text{C}/\text{W}$ , ısı kapasite olarak kullanılan “C” ise  $\text{kJ}/^{\circ}\text{C}$  cinsinden ölçülür. Bakır kayıpları, çekirdek kayıpları ve rüzgar-sürtünme kayıpları ise birbirinden ayrı akım kaynakları ile temsil edilir. Stator laminasyonları, stator oluk yalıtım izolatörleri ve gövde gibi parçaların ısı dirençleri için yine benzer şekilde “R” kullanılır [9,12,14,6,17]. Isı kaynağı olarak değerlendirilen yapılar birden fazla olduğunda, ısı eşdeğer devre oluşturulurken birbirleriyle paralel bağlanacak şekilde yerleştirilirler.

Elektrik makinalarının ısı analizleri için basitleştirilmiş modeller yerine detaylandırılmış modeller daha doğru sonuçlara ulaşmaya izin vermektedir. Tekerlek içi FDA motorları için de aynı şey söylenebilir ve detaylandırılmış ısı eşdeğer devresi Şekil 4.2’de görüldüğü gibidir.



Şekil 4.2’de verilen tekerlek içi FDA motoru ısı eşdeğer devresini anlayabilmek için devre içerisinde kullanılan ısı devre elemanlarının alt indislerinde kullanılan kısaltmaları içeren açıklamalar Tablo 4.1’de verilmiştir. Isıl eşdeğer devrede kullanılan  $\equiv$  simgesi ısı kapasitansı,  $\square$  simgesi ısı direnci ve  $\odot$  simgesi ısı kaynağını göstermektedir [9,12,14,6,17].

| Kısaltma | Açıklama   | Kısaltma | Açıklama  |
|----------|------------|----------|-----------|
| İ        | İletkenler | L        | İletim    |
| S        | Stator     | T        | Taşınım   |
| R        | Rotor      | Ş        | İşınım    |
| M        | Mil        | A        | Ara Geçiş |
| O        | Ortam      | D        | Direkt    |
| G        | Gövde      | P        | Toplam    |

**Tablo 4.1.** Tekerlek içi FDA Motoru LD Modeli Kısaltmalar

Tekerlek içi FDA motoru ısı eşdeğer devresinde kullanılan ısı dirençlerinin indislerindeki kısaltmalar ısısının nereden nereye hangi yolla aktarıldığını belirtmektedir. Örneğin  $R_{GOL}$ ; gövdeden ortama iletim yoluyla aktarılan ısı direnci,  $R_{RGT}$ ; rotordan gövdeye taşınım yoluyla aktarılan ısı direnci anlatmaktadır. Isı kaynağı simgelerin altında ise bu ısı etkinin nereden kaynaklı olduğu ısı eşdeğer devre üzerinde belirtilmiştir. Bu devre modelinden bakır kayıplarının, stator-rotor çekirdek kayıplarının ve sürtünme etkisinin birer ısı kaynağı olduğu anlaşılmaktadır. İletkenler, stator-rotor çekirdeği, mil, motor iç hava ortamı ve gövde ise ısı etkilerinin emilim gösterdiği yerdir. Bu devre modelinde ısı akış yönleri ok işaretleriyle gösterilmiştir. Isı transferinde motor parçaları arasındaki ısı etkileşiminin nasıl olduğu bu ok işaretleriyle belirlenebilir.



İletim, taşınım ve ışıınım yoluyla ısınının uzaklaştırma yolları aynı zamanda ısıl dirençlerle temsil edilir. Bu ısıl devrede önemli bir rol oynayan taşınım ile aktarılan ısıl direnç denklem 4.1'den hesaplanabilir.

$$R_T = \frac{1}{h A} \quad (4.1)$$

Burada  $A$  ısı transferini gerçekleştiren yüzey alanı,  $h$  ise sıcaklık transfer katsayısıdır. Eğer sıcaklık transfer katsayısı ısıl farkın bir fonksiyonuysa, eşdeğer devre doğrusal olmaz ve yinelemeli bir çözüm gerektirir [9].

İşinim ile aktarılan ısıl direnç ( $R_s$ )  $T_1 - T_2$  durumundaki sıcaklık farkının işinim ısıl değişimi  $Q$  ile oranıdır ve bu doğrusal değildir. Doğrusallık göstermeyen bu değerler ihmal edilebilir.  $R_s$  ısıl direncin değeri son sıcaklık durumuna göre sabit bir değer olarak hesaplanır [9,17].

Şekil 4.2'de verilen tekerlek içi FDA motoru ısıl eşdeğer devresinde görüldüğü üzere gövde içindeki belirtilen ısıl kaynaklardan alınan ısıl enerji iletim, taşınım ve iletim olarak motor gödesine aktarılmaktadır. Tekerlek içi yapısında olan bu motorlarda ısınının uzaklaştırılması mil, stator, rotor ve gövde üzerinden emilim yoluyla yapılmaktadır. Gövde yapısı tekerlek içerisinde kaldığından dolayı diğer elektrik motorları gibi ısınının gövdeden uzaklaştırılması kolay olmamaktadır. Tekerlek içi FDA motorları boyutsal kısıtlamalar yüzünden (tekerlek ebatlarıyla sınırlandırılmıştır) harici bir soğutma ünitesine uygun değildir. Çoğu tekerlek içi FDA motoru uygulamalarında soğutmanın makinanın kendi kendine gerçekleştirmesi beklenir. Bu özelliğinden dolayı diğer elektrik motorlarına göre motorun ısıl etkileri çok daha iyi analiz edilmelidir. Isıl etkilerin modellenmesinde kullanılan ısıl eşdeğer devre bileşenlerinin gerçekçi yapıya uygun olarak belirlenmesi sonuçların gerçek değere uygun çıkması için çok önemlidir.

Isıl devre modeli gerçekçi sonuçları destekleyici şekilde bir yaklaşım verse bile nominal çalışma durumunun dışına çıkan tekerlek içi FDA motorlarında uyumayan değerler görülebilir. Bu sonuç modelin yanlış olduğunu göstermemektedir. Rulman sıkışması, çalışma ortamı sıcaklığının belirlenen değerin çok üzerine çıkması, nominal akım değerindeki yüksek artışlar gibi durumlar ısıl devre modelini gerçekçi yaklaşımdan uzaklaştıran etmenler olduğu unutulmamalıdır.

## KAYNAKLAR

1. Guechi, M.R., Desevaux, P., Baucour, P., Espanet, C., Brunel R. ve Poirot M. (2015). Experimental study on the improvement of the thermal behavior of electric motors. *Int. Journal of Thermal & Environmental Engineering*, 9(2), 91-97.
2. Fakhfakh, M. A., Kasem, M.H., Tounsi, S. ve Neji, R. (2008). Thermal analysis of a permanent magnet synchronous motor for electric vehicles. *Journal of Asian Electric Vehicle*, 6(2), 1145-1151.
3. Herbert, J., Arafat, A., Wang, G. ve Choi, S. (2016, Mart). *Investigation of a thermal model for a permanent magnet assisted synchronous reluctance motor*. IEEE Applied Power Electronics Conference and Exposition (APEC), California, USA, 1123 – 1130.
4. Gerada, C., Bradley, K., Whitley, C. ve Towers G. (2007, Kasım). *High torque density PM machines for high performance operation*. 33rd Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society (IECON), Taipei, Taiwan, 210-215.
5. Zhu, S., Hu, Y., Liu, C. ve Wang, K. (2018). Iron loss and efficiency analysis of interior pm machines for electric vehicle applications. *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, 65(1), 114-124.
6. Uma, Devi K. ve Sanavullah, M.Y. (2011, Nisan). *Performance analysis of exterior(outer) rotor permanent magnet brushless dc (erpmbldc) motor by finite element method*. 3rd International Conference on Electronics Computer Technology (ICECT), Kanyakumari, India, 426-430.

7. Cabuk, A.S., Saglam, S., Tosun, G. ve Ustun, O. (2016, Aralık). *Investigation of different slot-pole combinations of an in-wheel bldc motor for light electric vehicle propulsion*. National Conference on Electrical, Electronics and Biomedical Engineering (ELECO 2016), Bursa, Turkey, 298–302.
8. Cabuk, A.S., Saglam, S. ve Ustun, O. (2017). Impact of various slot-pole combinations on an in-wheel BLDC motor performance. *I.U.-Journal of Electrical & Electronics Engineering*, 17 (2), 3369–3375.
9. Hendershot, J.R. ve Miller, T.J.E. (1994). *Design of permanent magnet motors*. New York, NY: Oxford University Press.
10. Kral, C., Haumer, A. ve Bauml T. (2008). Thermal model and behavior of a totally-enclosed-water-cooled squirrel-cage induction machine for traction applications. *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, 55(10), 3555–3565.
11. Bianchi, N., Bolognani, S. ve Frare P. (2006). Design criteria for high-efficiency SPM synchronous motors. *IEEE Transactions on Energy Conversion*, 21(2), 396–404.
12. Boglietti, A., Cavagnino, A., Staton, D., Shanel, M., Mueller, M. ve Mejuto, C. (2009). Evolution and modern approaches for thermal analysis of electrical machines. *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, 56(3), 871–882.
13. IEC 60034-1 International Standard, Rotating electrical machines Part 1: Rating and performance, 2004. Erişim Adresi: <https://www.saiglobal.com/pdftemp/previews/osh/as/as60000/60000/60034.1-2009.pdf>
14. Boglietti, A., Cavagnino, A. ve Staton, D. (2008). Determination of critical parameters in electrical machine thermal models. *IEEE Transactions on Industry Applications*, 44(4), 1150–1159.
15. Boglietti, A., Cavagnino, A., Parvis, M. ve Vallan, A. (2006). Evaluation of radiation thermal resistances in industrial motors. *IEEE Transactions on Industry Applications*, 42(3), 688–693.
16. Staton, D. A. ve Cavagnino, A. (2008). Convection heat transfer and flow calculations suitable for electric machines thermal models. *IEEE Transactions on Industry Applications*, 55(10), 3509–3516.
17. Simonson J. R. (1988). *Engineering Heat Transfer*. Basingstoke, UK: Palgrave Macmillan.
18. Chin, Y. K., Nordlund, E. ve Staton, D. A. (2003, Kasım). *Thermal analysis - lumped circuit model and finite element analysis*. 6th International Power Engineering Conference (IPEC'03), The Pan Pacific, Singapore, 952–957.
19. Mellor, P. H., Roberts, D. ve Turner, D. R. (1991). Lumped parameter thermal model for electrical machines of TEFC design. *IEE Proceedings B - Electric Power Applications*, 138(5), 205–218.
20. Holman J.P. (1989). *Heat Transfer*. New York, NY: McGraw-Hill.
21. ABB Distribution Automation Handbook (2011). Erişim Adresi: <https://new.abb.com/medium-voltage/distribution-automation/misc/distribution-automation-handbook>
22. ABB Motor Protection Calculation Tool for SPAM 150 C, User's Manual and Technical Description (2002) Erişim Adresi: [https://library.e.abb.com/public/9fa937448521cc28c2256bf1002d7252/FM\\_SPAM150C\\_750637\\_ENbab\\_2010.pdf](https://library.e.abb.com/public/9fa937448521cc28c2256bf1002d7252/FM_SPAM150C_750637_ENbab_2010.pdf)
23. Hakola, T. (1982). Application guide for protection of synchronous machines, ABB Relays Erişim Adresi: <https://new.abb.com/medium-voltage/distribution-automation/numerical-relays/motor-protection-and-control>

# Örgü Tipinin Dokuma Kumaş Özelliklerine Etkisi

Arzu YAVAŞCAOĞLU<sup>1</sup>

## CHAPTER 7

<sup>1</sup> Öğretim Görevlisi Dr., Yalova Üniversitesi



## 1. GİRİŞ

Dokuma kumaş yapıları atkı adı verilen enine yönde ve çözgü adı verilen boyuna yöndeki iki iplik sisteminin birbirine dik olarak çeşitli bağlantı düzenlerinde kesiştirilmesi ile elde edilen tekstil yüzeyleridir.

Dokuma, kumaş üretiminde en yaygın kullanılan metoddur. Dokuma kumaşlar giysilik (takım elbise, elbise, pantolon, gömlek, palto, manto, spor giysiler), ev tekstilleri ve döşemelik (perde, güneşlik, masa örtüsü, yatak çarşaf ve örtüleri, havlu, yer, duvar ve mobilya döşemelik, banyo takımları, vb.), endüstriyel ve teknik kumaş (emniyet kemeri, yelken bezi, çuval bezi, çadır bezi, jeotekstiller, ziraat örtüleri, vb.) gibi pek çok alanda kullanılmaktadır (Berkalp 2018).

Dokuma kumaşın geometrik yapısı oldukça karmaşıktır. Kumaş içindeki her bir ipliğin enine kesit şekli oldukça düzensizdir ve iplik kıvrım alır. Ayrıca birçok lif iplik yüzeyinden dışarı doğru çıkmaktadır. Dokuma kumaşlarda çözgü ve atkı ipliklerinin kesişiminin derecesi büyük ölçüde lifler ve iplikler arasındaki sürtünmeye bağlıdır. İki paralel komşu iplik arasındaki mesafe, kumaş yapısının gözenekliliğini belirler. Bu gözenekli yapının varlığı kumaşı, metal plaka gibi sürekli olan mühendislik malzemelerinden ayırır (Pierce 1937).

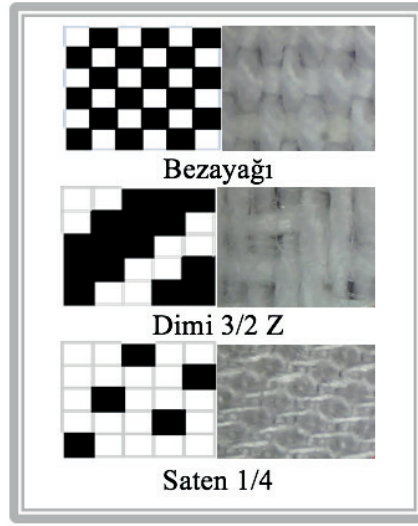
Kumaşın yapısal özelliklerini belirleyen parametreler; lif yapısı ve özellikleri (lif tipi, geometrik, fiziksel, mekanik ve kimyasal özellikleri), iplik yapısı ve özellikleri (iplik tipi, geometrik, fiziksel, mekanik ve yapısal özellikleri, eğirme işleminin teknolojik parametreleri), kumaş geometrisi (sıklık, örgü, gramaj, kalınlık, fiziksel ve mekanik özellikleri) ve kumaş oluşum teknolojisidir. Bu yapısal parametreler sayısal olarak değerlendirilebilir ve yeni kumaş özelliklerinin belirlenmesinde kullanılabilir (Sujica ve Pinteric 1998).

Dokuma kumaşların yapısal özelliklerini ve kumaşın kullanımı esnasında meydana gelen tepkileri açıklayabilmek için kumaşların kesit geometrilerinin sayısal parametreler ile belirlenmesi gerekir. Bu nedenle araştırmacılar tarafından çeşitli kumaş geometrileri ortaya konulmuştur. Bu konuda Peirce, Kemp ve Hamilton çeşitli geometriler ve modeller geliştirmişlerdir. Kumaşın geometrik yapısının belirlenmesindeki en önemli faktörler çözgü ve atkı ipliklerinin numarası, sıklığı ve örgüsüdür. Ancak o zaman dizayn edilen kumaşın geometrik yapısı kesinlik kazanır ve buradaki parametreler belirlenir. Kumaşın öncelikle sağlamlık, tuşe ve özellikle de görünüm olmak üzere hemen hemen tüm özellikleri üzerinde etkisi olan örgü yapısı ve çeşitliliği ise temel bir faktördür (Şengöz 1996, Ak 2006).

## 2. TEMEL DOKUMA ÖRGÜLERİ

Bir kumaş yapısını oluşturan atkı ve çözgü ipliklerinin birbiriyle yaptıkları çeşitli düzenlere örgü denilmektedir. Örgüler içinde bezayağı, dimi ve saten terimleriyle belirlenen ve değişik bağlantı düzenleriyle oluşturulan üç örgü türü temel örgüler olarak adlandırılır. Tüm diğer örgüler, bu örgülerden çeşitli yöntemler uygulanarak geliştirilmişlerdir (Ak 2006). Temel örgü tipleri ve yüzey görüntüleri Şekil 1’de verilmiştir.

Bezayağı örgü örgülerin en basitidir. En küçük birimi 2 çözgü ve 2 atkıdan meydana gelmiştir. Bezayağı örgülü bir kumaşın her iki yüzü de aynıdır. Çözgü ve atkı sıklığı eşit, çözgü ve atkı iplik numaraları aynı ipliklerle dokunan bezayağı örgülü bir kumaşta atkı ve çözgü ipliklerinin eşit kıvrım aldığı görülür. Bezayağı örgü ile dokunmuş kumaşlarda her iplik, yanındaki ipliğe maksimum desteği verir. Bu nedenle bu kumaşların dokusu diğer kumaşlara göre daha sağlamdır. Bezayağı örgü basit bir yapı oluşturduğu halde endüstride çok kullanılır. Bezayağı örgünün en önemli türevleri ripsler ve panamalardır (Şeber ve Alphan 1989).



**Şekil 1.** Temel örgü tipleri ve yüzey görüntüleri

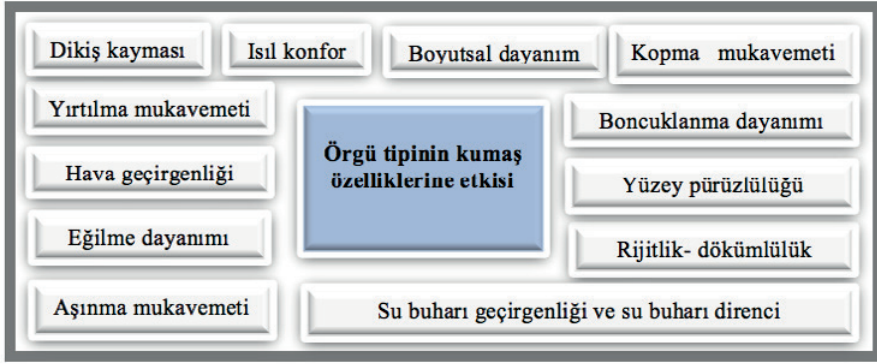
Dimi örgü, kumaş üzerinde diyagonal çizgiler oluşturur. Dimi örgünün en küçük birimi 3 çözgü ve 3 atkı ipliğinden oluşur. Bu örgünün karakteristik özelliği olan dimi diyagonal (Z) sağ ya da (S) sol yönlü olabilir. Bu diyagonal çizgiler kumaşın her iki yüzünde de oluşmaktadır. Eğer kumaşın bir yüzünde çözgü atlamalarının etkinliği var ise diğer yüzünde de aynı oranda atkı atlamalarının etkinliği vardır. Ayrıca etkinlikler birbirine eşit de olabilir. Dimi örgüde bağlantıdan bağlantıya kadar olan iplik atlamaları fazladır. Bezayağı örgü ile aynı sıklıkta, aynı iplik numarasında dokunan dimi örgülü bir kumaş daha yumuşak, daha esnek, daha dökümlü olur. Bu özelliğinden dolayı yün ve pamuklu dokumalarda çok kullanılır. Dimi örgünün en önemli türevleri zig-zag örgüler, balıksırtı örgüler, kırık dimilerdir (Şeber ve Alphan 1989).

Saten örgünün diğer temel örgülerden farkı, örgü raporundaki bağlantıların birbirlerine hiç dokunmadan dağıtılmış olmasıdır. Bunu sağlamak amacıyla en az 5 çözgü ve 5 atkı ipliğine ihtiyaç duyulur. En küçük saten örgü birimi bu nedenle 5 çözgü ve 5 atkı ipliğinden oluşur. Bağlantı noktalarının birbirinden uzaktır. Bu da ipliklerin yüzmelerine ve bağlantı noktalarını kapamalarına neden olmaktadır. Saten örgü ile dokunmuş kumaşlar bu nedenle yumuşak ve parlaktırlar. İplik sıklığı yüksek tutulursa ağır kumaşlar elde edilebilir (Şeber ve Alphan 1989).

Dokuma kumaşların yapısal parametreleri olan örgü tipi ile atkı ve çözgü sıklıklarının kumaş özelliklerine etkisini incelediğinde, örgü tipi ve sıklıkların kumaşın tüm özellikleri üzerinde etkili olduğu görülmüştür. Özellikle bezayağı örgülü kumaşların bağlantı sayısının yüksek olması nedeniyle bu etki daha fazla görülmektedir (Dilsiz 2001).

Dokuma kumaşların incelendiği çalışma sonuçlarına göre örgü tipinin kumaşın;

- Boyutsal özelliklerine,
- Mekanik özelliklerine (yırılma mukavemeti, kopma mukavemeti ve kopma uzaması, aşınma dayanımı, boncuklanma, eğilme dayanımı, yüzey pürüzlülüğü, dikiş kayması)
- Isıl konfor özelliklerine (ısıl direnç, ısıl iletkenlik, ısıl soğurganlık) ve
- -Geçirgenlik (hava geçirgenliği, su buharı geçirgenliği) özelliklerine etkisi görülmüştür.



Şekil 2. Örgü tipinin etkilediği bazı kumaş özellikleri

Örgü tipinin etki ettiği bazı kumaş özellikleri Şekil 2’de verilmiştir. Bu çalışmada örgü tipinin sayılan bu kumaş özelliklerine etkisinin incelendiği çalışmalar değerlendirilmiştir.

### 3. ÖRGÜ TİPİNİN KUMAŞ ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ

#### 3.1. Yırtılma Mukavemetine Etkisi

Yırtılma mukavemeti belirli koşullar altında bir yırtığı başlatmak, sürdürmek veya yaymak için gereken karşı koyma kuvvetidir. Yırtılma mukavemeti; kumaşta yer alan statik ve dinamik kuvvetlere karşı ve yırtılma testinde uygulanan gerilime karşı materyalin mukavemetini belirleyici önemli bir faktördür. Yırtılma sırasında iplikler tek tek ya da gruplar oluşturacak biçimde kopmaktadır. Bu nedenle yırtılmada tek ipliklerin mukavemeti önemlidir. Bunun dışında kumaş konstrüksiyonu, kumaşa uygulanan terbiye işlemleri yırtılma mukavemetini etkileyen diğer faktörlerdir (Özdil 2003).

Pamuklu dokuma kumaşlarda atkı iplik özellikleri, atkı sıklığı ve örgü tipinin kumaşın atkı yönündeki yırtılma ve kopma mukavemetlerine etkisinin incelediği çalışma sonuçlarına göre, yırtılma mukavemetinin örgü tipi ve iplik özelliklerine bağlı olarak farklı davranışlar gösterdiği belirtilmiştir (Kurtça 2001). Dokuma kumaşlarda yırtılma mukavemetine etki eden faktörlerin incelendiği bir başka çalışma sonucunda; lif, iplik ve kumaş özelliklerinin ve kumaşa uygulanan terbiye işlemlerinin yırtılma mukavemetine etkisi olduğu, kullanım yerine uygun olarak kumaşın yırtılma mukavemetinin tahmin edilmesi, iplik mukavemetinin olabildiğince yüksek olmasına dikkat edilmesi, kullanılacak atkı-çözgü sıklıklarının, örgü tipinin, kumaşa uygulanacak terbiye işlemlerinin tahmin edilen yırtılma mukavemetine göre seçilmesi gerektiği ortaya konulmuştur (Can ve Kırtay 2005). Pamuklu kumaşlarda, örgü türüne bakıldığında, ipliklerin grup oluşturmalarının eğilimli olduğu panama ve dimi örgülerin bezayağı kumaşlardan daha yüksek yırtılma mukavemetine sahip oldukları gözlemlenmiştir (Doba Kadem 2007). Akrilik karışımli kumaşlar ile yapılan çalışmada etamin örgülü kumaşların atkı ve çözgü boyuna yırtılma mukavemeti değerlerinin bezayağı kumaşlardan oldukça yüksek çıktığı, bunun sebebinin etamin örgülü kumaşlarda atlama sayılarının bezayağı örgüden fazla olması ve atkı ve çözgü ipliklerinin yırtılma esnasında grup oluşturabilme yeteneklerinin bezayağı örgülü kumaşlardan fazla olmasından kaynaklandığı belirtilmiştir (Yavaşcaoglu 2018). Poliester çözgülü çift katlı döşemelik saten örgülü dokuma kumaşlarda, atkı doğrultusunda yırtılma mukavemetine ön yüz örgüsünün etkisinin incelendiği çalışmada, ön yüz örgüsünün saten numarasının artması ile atkı doğrultusunda yırtılma mukavemet ortalama değerlerini arttırdığı ve istatistiksel açıdan aralarında önemli fark olduğu ifade edilmiştir (Yavuzka-

sap 2011). Atkı elastanlı dokuma kumaşlarda D 2/2 ve P 2/2 dokulu kumaşların yırtılma mukavemetleri aynı özelliklerdeki bezayağı dokuma kumaşlara göre daha yüksek bulunmuştur (Şekerden ve Çelik 2010).

### 3.2. Aşınma Mukavemetine Etkisi

Aşınma dayanımı, kumaşın ilgili standartta detayları belirtilen standart yünlü kumaş ile standart bir harekette sürtünmesi sonrasında, yüzeyinde meydana gelen aşınma ya da eskimeye karşı gösterdiği direncin bir ölçüsüdür (Can ve Kırtay 2004).

Akrilik şönil ipliklerle dokunan döşemelik kumaşlarda kullanılan ipliğin hav uzunluğu ile büküm miktarının ve örgü tipinin aşınma dayanımına etkisinin incelendiği çalışma sonucunda; büküm, hav uzunluğu ve örgü tipinin döşemelik kumaşların aşınma dayanımına etkisinin anlamlı olduğu, dokuma örgüsüne bağlı olarak ipliklerin kumaş yüzeyinde görünme oranının yani atlama sayısının önemli bir faktör olduğu, atlama sayısı arttığında aşınma dayanımının azaldığı sonucuna varılmıştır (Ülkü vd. 2003). Kontrollü koşullarda üretilmiş bezayağı, 2/2 dimi ve 6'lı çözgü sateni örgülü, 24, 25 ve 26 atkı sıklıklarına sahip dokuz farklı kumaşın aşınma dirençlerinin incelendiği çalışmada, atkı sıklığındaki değişimin kumaşların aşınma öncesi ve sonrası ağırlık değişimlerine etkisi istatistiksel olarak anlamlı bulunmuş ve daha önceki çalışmaları destekler şekilde atkı sıklığı artışının kumaşların aşınma dirençlerini de arttırdığı belirtilmiştir. Kumaş dokusunun 20000 devir aşındırıldıktan sonraki ağırlık değişimine etkisi istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Ortalama atlama uzunluğunun fazla olduğu kumaşların (2/2 dimi ve 6'lı çözgü sateni) aşınma direnci atlama uzunluğunun kısa olduğu (bezayağı) kumaşlardan daha düşük çıkmıştır (Tayyar vd. 2011). %100 pamuk iplikleri ile yedi farklı örgüde dokunmuş kumaşların aşınma dirençlerinin incelendiği çalışmada yapılan testler sonucunda dokuma kumaşlarda doku tipinin aşınma ve boncuklanma dayanımı üzerinde önemli bir etkisi olduğu ortaya konulmuştur. Atlama sayısının az ve bağlantı sayısının fazla olduğu kumaşlarda aşınma ve boncuklanma dayanımlarının daha yüksek olduğu gözlenmiştir. Çalışma sonucunda, uzun atlamalı, düşük sayıda bağlantıya sahip kumaşların aşınma nedeniyle daha çok ağırlık kaybına uğradıkları ve aşınma dirençlerinin daha düşük olduğu sonucuna varılmıştır (Kaynak ve Topalbekiroğlu 2008). Uzun atlamalı, düşük sayıda bağlantıya sahip kumaşların aşınma nedeniyle daha çok ağırlık kaybına uğradıkları ve aşınma dirençlerinin daha düşük olduğu bulunmuştur (Kaynak ve Topalbekiroğlu 2007). Aşındırıcı kumaş etkisiyle numunelerdeki kütle kaybının değerlendirildiği çalışmada genel olarak dimi ve panama örgü yapılarında kütle kaybının daha fazla olduğu görülmüştür. Burada numune kumaşlarda en az kütle kaybının, örgü türü olarak genel değerlendirmede bezayağı örgüde olduğu, bezayağı yapıda, bağlantı şeklinden dolayı örgünün daha sıkı olması ve ipliklerin birbirinden kolay ayrılmaması nedeniyle, aşınma sonunda kütle kaybının diğer örgülere göre daha az olmasını sağladığı ifade edilmiştir (Doba Kadem 2007).

Yapılan araştırma sonuçlarına göre örgü tipinin yırtılma mukavemeti ve aşınma dayanımına etkisi olduğu özellikle atlama sayısı fazla olan örgü tiplerinde aşınma dayanımının azaldığı görülmektedir.

### 3.3. Boncuklanma Dayanımına Etkisi

Boncuklanma ya da pilling, kumaş yüzeyindeki liflerin birbirine dolaşarak boncuk olarak adlandırılan küçük top şeklinde lif kümeleri oluşturmalarıdır. Genellikle aşınmadan ve yıpranmadan dolayı lif uçlarının kumaş yüzeyine çıkması nedeniyle oluşur. Özellikle sürtünme sonucu materyalin sürtünmeye maruz kaldığı yerlerde gevşek lif uçları materyal yüzeyinde toplanır ve minik topar haline gelirler (Özdil 2003).

Üç farklı iplik numarası ve üç farklı örgüde, ipliği boyalı pamuklu dokuma kumaşa ilgili standartlara göre boncuklanma ve aşınma ile kütle kaybı testleri uygulanan çalışmada, uygulanan boncuklanma tayini sonucunda mevcut üç örgü türü için birlikte değeren-



dirme yapıldığında, bağlantı noktası fazla olan bezayağı dokuda, numunelerin boncuklanma eğiliminin daha az olduğu tespit edilmiştir. Dimi (2/2) ve panama dokularında bağlantı noktası daha az olduğundan, yan yana gelen ipliklerin teması nedeniyle boncuklanma oluşumuna sebep olan lif dolaşmasının daha fazla olduğu, dolayısıyla da boncuklanma değerlerinin bezayağı örgülü kumaşlardan daha kötü çıktığı ifade edilmiştir. Aşındırıcı kumaş etkisiyle numunelerdeki kütle kaybı değerlendirildiğinde genel olarak dimi ve panama örgü yapılarında kütle kaybının daha fazla olduğu görülmüştür. En az kütle kaybının bezayağı örgüde olduğu bunun sebebinin bağlantı şeklinden dolayı örgünün daha sıkı olması ve ipliklerin birbirinden kolay ayrılmaması olduğu ifade edilmiştir (Doba Kadem ve Oğulata 2014). %100 pamuk, pamuk/poliester ve %100 poliester dokuma kumaşların boncuklanma özelliklerinin incelendiği çalışmada saten örgü ile dokunmuş kumaşların dimi ve bezayağı örgü ile dokunmuş kumaş yapılarına göre daha fazla boncuklandığı ifade edilmiştir (Amin ve Rana 2016). Pamuk dokuma kumaşların mekanik özelliklerinin incelendiği çalışmada bezayağı örgülü kumaşların dimi örgülü kumaşlara göre aşınma ve boncuklanma dayanımının daha yüksek olduğu sonucuna varılmıştır (Jahan 2017). Akrilik ve akrilik karışımli dokuma kumaşlarda etamin, dimi ve saten örgü yapılarında üretilen kumaşlarda boncuklanmanın bezayağı örgü yapılarına göre fazla olduğunu ifade edilmiş, boncuklanmanın istenmediği kumaş yapılarında bezayağı örgü tipinin kullanılmasının daha uygun olacağı önerilmiştir (Yavaşcaoğlu 2018). Çift katlı döşemelik dokuma kumaşların yüzey tüylenmesi ve boncuklanma yatkınlığına ön yüz örgüsünün etkisi olduğu, saten numarasının artışının boncuklanma derecesinin düşmesine, yani; boncuklanma eğiliminin artmasına neden olduğu, buna kumaş yapısında bulunan atkı ipliklerinin atlama uzunluğunun artmasının ve çözgü iplikleriyle bağlantılarının azalmasının neden olduğu ifade edilmiştir (Yavuzkasap 2011).

### 3.4. Boyutsal Dayanım Etkisi

PES/Vis/Lycra® içerikli atkı elastan dokumalarda, örgü tipi, atkı iplik numarası ve atkı sıklığının etkisi incelendiğinde, atkı yönündeki yıkama çekmesine, en çok atkı sıklığının, sonra örgü tipinin etki ettiği ve iplik numarasının önemli ölçüde etken bir faktör olmadığı gözlemlenmiştir. Çalışma sonuçlarına göre, çözgü yıkama çekmesinde örgü tipinin, atkı sıklığının ve atkı iplik numarasının belirgin bir etkisi gözlenmemiştir. Sanfor işleminin ve iplik numarasının atkı sıklığına uygulanan ve ölçülen sıklık ilişkisi bakımından önemli bir etkisi olmadığı, atkı kısalması üzerinde atkı sıklığı ve örgü tipinin, dolayısıyla ipliklerin bağlantı yapma ve birbirleriyle kesişme düzeninin etkili faktörler olduğu ifade edilmiştir (Şekerden 2009). Pamuklu kumaşlar ile yapılan çalışmada yıkamadan sonra çözgü ve atkı yönünde boyut değişiminde tüm numunelerde çözgü yönünde çekme (-) atkı yönünde uzama (+) olduğunu tespit etmiştir. Çalışma sonucunda en fazla bağlantı sayısına sahip bezayağı kumaşlarda çözgü yönünde çekme, genel olarak daha fazla çıkmıştır (Doba Kadem 2007). Yine pamuklu kumaşlar ile yapılan çalışmada kumaşın atkı ve çözgü çekme değerlerinde, iplik bükümü, atkı ve çözgü sıklıkları ve örgü tipinin önemli rolü olduğu ifade edilmiştir (Tamtürk 2007). Dokuma kumaşlarda doku tiplerinin kumaşların boyutsal dayanımına etkisi araştırıldığında atkı ve çözgü yönünde bağlantı sayısı yüksek olan kumaşlarda boyutsal dayanımın daha iyi olduğu, doku tipinin istatistiksel olarak anlamlı düzeyde ( $p<0,01$ ) boyutsal dayanımı etkilediği ifade edilmiştir (Topalbekiroğlu ve Kaynak 2008). Ayrıca atkı elastanlı dokuma kumaşlarda doku tipinin, kumaşta atkı kısalması, kumaş kalınlığı ve atkı yönlü elastikiyeti üzerinde önemli etkisi olduğu bulunmuştur (Şekerden ve Çelik 2010).

### 3.5. Isıl Konfor Özelliklerine Etkisi

Isıl konfor, sıcaklık ve ıslaklık açısından konforun sağlanmasıdır. Isı ve nemin kumaş içindeki transferi ile gerçekleşir ve kumaşta meydana gelen ısı ve sıvı transfer mekaniz-

malarını kapsamaktadır. ASHRAE (The American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers) standartlarına göre ise ısı konfor, çevrenin ısı şartlarına karşı duyulan memnuniyet olarak ifade edilmiştir (Wang 2002). Akrilik ve akrilik karışımı dokuma kumaşlarda saten örgülü kumaşların ısı direncinin bezayağı örgülü kumaşlara göre fazla olduğu, dimi örgülü kumaşların ısı soğurganlığının bezayağı örgülü kumaşlara göre düşük olduğunu, dimi örgülü kumaşlarda ısı izolasyonunun yüksek, ısı soğurganlığın düşük olmasının sebebinin bezayağı örgülere göre daha kalın, gözenekliliğinin daha fazla ve kumaş yoğunluğunun daha düşük olması, dolayısıyla içerisinde daha fazla hava barındırması olduğu ifade edilmiştir. Ayrıca çalışmada örgü tipinin ısı konfor özelliklerine etkisi istatistiksel olarak da anlamlı bulunmuştur (Yavaşcağlu 2018).

### 3.6. Hava Geçirgenliğine Etkisi

Hava geçirgenliği, bir materyalin iki yüzeyi arasından, belirli bir basınç farkı altında birim zamanda ve birim alandan geçen hava miktarıdır. Havanın lifler, iplikler ve kumaş yapısı içerisinde geçebilme kabiliyetidir. Örgü tipi, atkı sıklığı ve poliester oranının, poliester/viskon karışımı takım elbiselik kumaşların konfor özelliklerine etkisi incelendiğinde, dimi kumaşların bezayağı kumaşlardan daha yüksek hava geçirgenliğine sahip olduğu sonucuna varılmıştır (Nayak vd. 2009). Akrilik ve akrilik karışımı kumaşlarda da dimi ve saten örgülü kumaşların hava geçirgenliğinin bezayağı örgülü kumaşlardan yüksek olduğu sonucuna varılmıştır (Yavaşcağlu 2018). Metal iplik içeren pamuklu dokuma kumaşların hava geçirgenlik değerlerinin farklı örgü yapıları açısından değerlendirildiği çalışma sonucunda ribs örgü ile dokunan metal içeren kumaşların en yüksek hava geçirgenliğine sahip olduğu, bu kumaşları sırasıyla saten örgüyle ve dimi örgüyle dokunan metal içeren kumaşların takip ettiği ifade edilmiştir (Çeven vd. 2011). Elyaf kesit şekli ve dokuma deseninin PES dokuma kumaşların ısı konfor özelliklerine etkisinin araştırıldığı çalışmada, yuvarlak, içi boş yuvarlak, trilobal ve oyuk trilobal olmak üzere farklı kesite sahip PES elyaf kullanarak, bezayağı ve dimi örgü ile sekiz farklı kumaş üretilmiştir. Çalışma sonucunda dokuma örgüsünün kumaşların hava geçirgenliğine etki ettiği, trilobal liflerden üretilen dimi kumaşların hava geçirgenliğinin en yüksek olduğu, dimi örgülü kumaşların bezayağı örgülü kumaşlara göre hava geçirgenliğinin yüksek olduğu sonucuna varılmıştır (Karaca vd. 2012).

### 3.7. Su Buharı Geçirgenliği ve Su Buharı Direncine Etkisi

Su buharı geçirgenliği, kumaşın su buharını geçirebilme yeteneğidir. Bir metre kare-den bir saatte ve bir paskal basınç altında geçen gram cinsinden su buharı miktarı olarak ifade edilir.

Örgü tipinin su buharı geçirgenliğine etkisi incelendiğinde; akrilik ve akrilik karışımı dokuma kumaşlarda, örgü tipi değişimi ile su buharı geçirgenliği arasında istatistiksel olarak  $p < 0,05$  düzeyinde anlamlı bir ilişki olduğu, bezayağı örgülü kumaşların etamin örgülü kumaşlara göre yüksek su buharı geçirgenliği gösterdiği (Yavaşcağlu 2018), dimi kumaşların bezayağı kumaşlardan daha düşük su buharı transferine sahip olduğu (Nayak vd 2009) sonucuna varılmıştır.

İki farklı oranda pamuk/polyester karışımı dokuma kumaşların konfor özelliklerinin incelendiği çalışma sonucunda 4 farklı örgü (D 2/2 Z, panama dimisi, hücreli örgü ve kuşgözü zar örgüsü) ile dokunan kumaşlar arasından en düşük su buharı direncinin 2/2 dimi örgülü kumaşlara ait olduğu, bu sonucun muhtemelen 2/2 dimi örgülerin daha yumuşak bir yüzeye sahip olduğu ve bu dokumanın örgü ara katmanının kullanıldığı örgüler arasında daha düşük atkı yoğunluğuna sahip olduğu gerçeğinden kaynaklandığı ifade edilmiştir (Özdemir 2017).

### 3.8. Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi

Yüzey pürüzlülüğü, elyaftan bitim işlemlerine kadar pek çok parametreden etkilenmekte ve kumaşa ait pek çok karakteristiği de etkilemektedir (Öztürk 2006).

Yapılan çalışmalar göre; dimi örgülerin bezayağı ve türevi örgülerden daha düşük sürtünme kuvvetine ve sürtünme katsayısına sahip olduğu, bunun sebebinin ise yüzeyde yüzen iplik uzunluğunun artması olduğu ifade edilmiştir (Jeddi vd. 2003). D 3/3, D 2/2, bezayağı, D 2/1 ve D 3/1 olan beş farklı dokudaki kumaşların 5'er farklı atkı sıklığındaki toplam 25 numune üzerinde yapılan deneylere ait pürüzlülük sonuçlarının analizine göre; dokuma türü ve atkı sıklığı gibi kumaş yapısal parametreleri pürüzlülük açısından % 95 güvenilirlikte önemli bulunmuştur. Kumaşların atkı sıklığındaki artış ile, yüzey pürüzlülüğü düşmektedir. Ayrıca, D 3/3, en pürüzlü doku yapısına sahipken, D 3/1 en pürüzsüzdür ve bu sonuçlar subjektif test sonuçlarıyla da teyit edilmiştir (Ezazshahabi vd. 2015).

% 100 pamuklu kumaşlarda, aynı atkı ve çözgü sıklığındaki farklı kumaş türleri ile atkı ve çözgü yönündeki sürtünme katsayıları arasında anlamlı ilişki olduğu, örgü cinsinin, hem pürüzlülük hem de sürtünme katsayısında belirleyici bir faktör olduğu ifade edilmiştir. Aynı çalışma sonuçlarına göre çözgü yönünde bezayağı ve dimi örgülerin pürüzlülük ve sürtünme katsayıları panama ve saten örgülere göre daha yüksektir. Atkı yönünde ise en yüksek pürüzlülük değerine saten örgülü kumaşlar, en düşük pürüzlülük değerine panama örgülü kumaşlar sahiptir. Sürtünme katsayısı bakımından ise bezayağı ve dimi örgülerin değerlerinin yine daha yüksek olduğu, bu değerlere göre, aynı elyaf içeriğine sahip kumaşlar içerisinde kumaş geometrisinin değişmesi sonucu pürüzlülük değerlerindeki değişime paralel şekilde sürtünme katsayısı değerlerinin de değiştiği ifade edilmiştir. Ancak farklı elyaf içeriğine sahip aynı veya çok yakın kumaş geometrisindeki kumaşlar için aynı durum söz konusu olmamaktadır (Öztürk 2016).

### 3.9 Rijitlik ve Dökümlülük Özelliklerine Etkisi

Dökümlülük, kumaşın görünümünü etkileyen önemli özelliklerden biridir ve kumaşın kendi ağırlığı altında şekil değiştirme davranışı olarak tanımlanmaktadır. Rijitlik, kumaş tuşesi, giysi görünüşü ve formunu etkileyen önemli bir mekanik özelliktir. Yünlü kumaşlarda dairesel eğilme rijitliği ve dökümlülüğün karşılaştırılmalı analizi yapıldığında, örgü tipinin dökümlülük katsayısı üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğu, daha sıkı kumaş yapısı nedeniyle dimi dokumanın en yüksek dökümlülük katsayısına, bezayağı dokuma kumaşların daha kararlı kumaş yapısından dolayı dökümlülük katsayısı değerinin ikinci aralıkta bir değere sahip olduğu ifade edilmiştir (Eryürük vd. 2015).

### 3.10. Eğilme Dayanımına Etkisi

Eğilme dayanımı, tekstil mamulünün eğilmeye karşı gösterdiği dirençtir. Eğilme bir ucu yatay olarak sabitlenen dikdörtgen biçiminde kesilmiş kumaşın, kendi ağırlığı altında yatay durumdan sapmasıdır (Özdil 2003). Akrilik ve akrilik karışımli dokuma kumaşlarda yapılan çalışma sonuçlarına göre dimi ve saten örgü ile dokunan kumaşların eğilme dayanımının düşük, yani daha yumuşak, bezayağı örgülü kumaşların eğilme dayanımının yüksek olduğu değerlendirilmiştir (Yavaşcaoglu 2018).

### 3.11. Dikiş Kaymasına Etkisi

Dikiş kayması, dikilmiş kumaşlarda dikiş bütünlüğünün dikiş çizgisinde veya dikiş paralel şekilde iplik kayması nedeniyle kısmen veya tamamen bozulmasıdır. Belli bir fiziksel etki ile atkı ipliklerinin çözgü ya da çözgü ipliklerinin atkı üzerinde kayması sonucu oluşur. İplik kayması sonucu kumaşın yüzey görüntüsü bozulur ve giysinin kullanım süresi azalır. Bu nedenle dokuma kumaşlarda ipliklerin kaymaya karşı mukavemeti oldukça önemlidir (Özdil 2003).

Döşemelik kumaşlarda performans özellikleri üzerinde örgü raporunun önemli etkilerinin olduğunu, çözgü ve atkı doğrultusunda ipliklerin dikiş kaymasına karşı mukavemetine poliester çözgülü döşemelik kumaşlarda, ön yüz örgüsünün saten etkisi incelendiğinde; ön yüz örgüsü saten numarasının arttıkça çözgü doğrultusunda ipliklerin dikiş kaymasına karşı mukavemet değerlerinin azaldığını, ikili karşılaştırmalarda 5'li atkı sateni ile 10'lu atkı sateni ve 10'lu atkı sateni ile 20'li atkı sateni aralarında istatistiksel olarak önemli farklılık olduğu sonucuna varılmıştır (Yavuzkasap 2001).

### 3.12. Kopma Mukavemeti ve Kopma Uzamasına Etkisi

Doku faktörünün kumaşın kopma mukavemeti ve uzaması üzerindeki etkilerinin araştırıldığı çalışmada kopma mukavemetinin doku tiplerine göre değişiklik gösterdiği ve doku faktörü yükseldikçe, kopma uzamasının düşme eğiliminde olduğu belirtilmiştir. Kopma mukavemetinin dik çizgili kumaşlarda daha yüksek olduğu belirtilirken, doku faktörü ile olan ilişkisinin tespit edilemediği ifade edilmiştir (Kumpikaite 2007). Çift katlı döşemelik kumaşlarda ön yüz örgüsünün çözgü doğrultusunda kopma uzamasına etkisi incelendiğinde; pamuk ipliği ile dokunan kumaşlarda ön yüz örgüsü saten numarasının artması ile çözgü doğrultusunda kopma uzama ortalama değerlerinin azaldığı, ön yüz örgüsünün, çözgü doğrultusunda kopma uzamasına etkisinin istatistiksel olarak önemli olduğu belirtilmiştir (Yavuzkasap 2011). Ayrıca %100 poliester kumaşlar ile yapılan çalışmaya göre, kumaş dokusunun da kopma mukavemeti üzerine etkisi olduğu, bezayağı kumaşın kopma mukavemeti değerleri kesişim sayısının fazla olması nedeniyle dimi kumaşın kopma mukavemeti değerlerine göre daha fazla olduğu sonucuna varılmıştır (Gürkan Ünal ve Taşkın 2007).

## 4. SONUÇ

Literatürde yapılan araştırmalar sonucunda, başta kumaşın görünümünü değiştiren örgü tiplerinin; aşınma, sürtünme, pürüzlülük, dökümlülük, yırtılma mukavemeti, kopma mukavemeti, boncuklanma, çekme, eğilme dayanımı, ısıl konfor, hava ve su buharı geçirgenliği gibi pek çok kumaş özelliğine etki ettiği görülmektedir.

Örgü türüne göre dimi ve saten örgü tipleri gibi, ipliklerin atlama sayılarının fazla olduğu ve grup oluşturma eğiliminin yüksek olduğu kumaş yapılarında;

- yırtılma mukavemetinin yüksek olduğu ancak aşınma dayanımının düşük olduğu,
  - boncuklanma eğiliminin fazla olduğu,
  - ısıl direncin yüksek, ısıl soğurganlığın düşük olduğu,
  - dikiş kaymasına karşı mukavemet değerlerinin azaldığı,
  - sürtünme kuvveti ve sürtünme katsayısının düşük olduğu,
- Bağlantı sayısı yüksek olan bezayağı örgülü kumaş yapılarında;
- boyutsal dayanımın daha iyi olduğu,
  - hava geçirgenliğinin düşük olduğu,
  - eğilme dayanımının yüksek olduğu,
  - yüzey pürüzlülüğünün düşük olduğu,
  - dökümlülük kat sayısının düşük olduğu ve
  - kopma mukavemetinin yüksek olduğu görülmüştür.

Elde edilen sonuçlardan örgü yapısının doğru seçimi ile istenilen kumaş özelliklerinin elde edilmesinde faydalanabileceği, doğru kumaş konstrüksiyon özellikleri ile dokuma kumaşlarda hem görünüm ve tuşe hem de kullanım açısından fayda sağlanacağı sonucuna varılmıştır.

## KAYNAKLAR

1. Pierce, F. T. (1937), The Geometry Of Cloth Structure. *The Journal of The Textile Institute*, 28(3), 45-96.
2. Berkalp, Ö. B. (2018), (<http://web.itu.edu.tr/~berkalpo/TEK111.pdf>), (Erişim Tarihi: 02.12.2018).
3. Sujica, M.Z., ve Pinteric, A. (1998), Numerical Evaluation of Fabric Construction Parameters. *International Journal of Clothing Science and Technology*, 10 (3/4): 191- 200.
4. Şengöz, G. (1996), Temel Sıklık Teorileri. *Tekstil ve Konfeksiyon*, (2): 99-106.
5. Ak, N. F. (2006), Belirli Doku Konstrüksiyonlarının Kumaş Performans Özelliklerine Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, Adana, 105s
6. Yavaşcaoglu, A. Akrilik Karışımli İpliklerden Dokunmuş Kumaş Özelliklerinin Araştırılması, (2018), *Doktora Tezi*, Bursa Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, Bursa.
7. Dilsiz, D. Belirli Dokuma Faktörlerinin Ham Dokunmuş Kumaş Performanslarına Etkisi ve Etkileme Dereceleri, (2001), *Yüksek Lisans Tezi*, ÇÜ. Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, Adana.
8. Kurtça, E. Atkı İpliği Özellikleri, Sıklık ve Örgü Tipinin Kumaş Mekanik Özellikleri Üzerine Etkisi, (2001), *Yüksek Lisans Tezi*, İTÜ. Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul.
9. Can, Y. ve Kırtay, E. (2005), Dokuma Kumaşlarda Yırtılma Mukavemeti Hakkında Yapılan Çalışmaların Değerlendirilmesi. *Tekstil Maraton*, 14 (3): 58-62.
10. Doba Kadem, F. İpliği Boyalı Pamuklu Kumaşlarda Bazı Fiziksel Özelliklerin Seçilmiş Performans Özellikleri ile İlişkinin Araştırılması, (2007), *Doktora Tezi*, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı.
11. Ülkü, Ş., Örtlek, H.G. ve Ömeroğlu, S. (2003), The Effect of Chenille Yarn Properties on The Abrasion Resistance of Upholstery Fabrics. *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, 11(3), 38-41
12. Tayyar, A.E., Sarı, F. ve Yağız, İ. (2011), Gömleklik Kumaşlarda Yapısal Parametrelerin Kumaşın Aşınma Direncine Etkileri, *Tekstil ve Mühendis*, 18(84), 23-26
13. Kaynak K.H. ve Topalbekiroğlu M., (2008), Influence of Fabric Pattern on the Abrasion Resistance Property of Woven Fabrics, *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, 16(1): (66), 54-56
14. Doba Kadem, F. ve Oğulata, R. T. (2014), İpliği Boyalı Pamuklu Kumaşlarda Kumaş Konstrüksiyonunun Boncuklanma ve Aşınmaya Etkisinin Araştırılması. *Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 29(1), 89-97
15. Amin, Md. R. ve Rana Md. R.I. (2016), Analysis of Pilling Performance of Different Fabric Structures With Respect to Yarn Count and Pick Density. *Annals Of The University Of Oradea Fascicle Of Textiles, Leatherwork*, 9-14, <http://textile.webhost.uoradea.ro/Annals/Vol%20XVI-Nr.%201-2015/Art.nr.72-pag.%209-14.pdf> (Erişim Tarihi: 30.10.2018).
16. Jahan, I. (2017), Effect of Fabric Structure on The Mechanical Properties of Woven Fabrics, *Advance Research in Textile Engineering*, 2(2), 1018.
17. Şekerden, F. PES/VİS/LYCRA® İçerikli Atkı Elastan Dokumalarda Çeşitli Dokuma Faktörlerinin Kumaşın Fiziksel ve Mekanik Özelliklerine Etkisinin İncelenmesi. (2009), *Doktora Tezi*, ÇÜ. Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, Adana.
18. Nayak, R.K., Punj, S.K., Chatterjee, K.N. ve Behera, B.K. (2009), Comfort Properties of Suiting Fabrics. *Indian Journal of Fibre and Textile Research*, 34, pp122-128.

19. Jeddi, A.A.A., Shams, S., Nosraty, H. ve Sarsharzadeh, A. (2003), Relations Between Fabric Structure and Friction, Part I: woven fabrics, *Journal Of The Textile Institute*, 94, 223-234. Doi: 10.1080/00405000308630611
20. Ezazshahabi, N., Tehran, M. A., Latifi, M, ve Madanipour, K. (2015), Surface Roughness Assessment of Woven Fabrics Using Fringe Projection Moiré Techniques. *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, 23, 3(111): 76-84. DOI: 10.5604/12303666.1152508
21. Öztürk, Ş. Dokuma Kumaşların Yüzey Pürüzlülüğü ile Yapısal Özellikleri Arasındaki İlişkinin İncelenmesi. (2016), *Yüksek Lisans Tezi*, Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, Tekirdağ.
22. Eryürük, S.H., Kalaoğlu, F., Bahadır, S.K., Sarıçam, C. ve Jevsnik, S. (2015), The Evaluation Of Stiffness And Drape Behaviour Of Wool Fabrics. *Tekstil ve Mühendis*, 22(98), 24-32
23. Kaynak, H. K. ve Topalbekiroğlu, M. (2007), Investigation of The Effect of Weave Pattern on Abrasion and Pilling Resistance Properties. *Tekstil ve Konfeksiyon*, 17(1): 40-44.
24. Özdemir, H. (2017), Thermal Comfort Properties Of Clothing Fabrics Woven With Polyester/Cotton Blend Yarns, *AUTEX Research Journal*, Vol.17(2), 135-141, DOI: 10.1515/aut-2016-0012
25. Çeven, E. K., Süle, G., Gürarda, A. ve Ersöz, A. (2011), Metal İplikli Dokuma Kumaşların Hava Geçirgenliğinin İncelenmesi, *Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, Cilt 16, Sayı 2, 65-74
26. Şeber, B. ve Alphan, D. (1989), Kumaş Yapı Bilgisi, Mimar Sinan Üniversitesi, Güzel Sanatlar Fakültesi, Tekstil Anasanat Dalı, İstanbul.
27. Yavuzkasap, D. Döşemelik Kumaşların Mekanik Özellikleri Üzerine Bir Araştırma. (2011), Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, İzmir.
28. Tamtürk, F. H. Pamuklu Dokuma Kumaşlara Uygulanan Seçilmiş Ön Terbiye İşlemlerinin Kumaş Performansına Etkisi. (2007), Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, 149s, Adana
29. Karaca, E., Kahraman, N., Ömeroglu, S. ve Becerir, B. (2012), Effects of Fiber Cross Sectional Shape and Weave Pattern on Thermal Comfort Properties of Poliester Woven Fabrics. *Fibres Text. East. Eur.*, 20: 67-72.
30. Kumpikaite, K. (2007), The Fabric Weave's Influence on the Character of Fabric Break, *Materials Science*, Vol: 13(3), 245-248
31. Topalbekiroğlu, M. ve Kaynak, K. H. (2008), The Effect of Weave Type on Dimensional Stability of Woven Fabrics, *International Journal of Clothing Science and Technology*, Vol: 20(5), 281-288
32. Şekerden, F. ve Çelik, N. (2010), Atkı Elastanlı Dokuma ve Kumaş Karakteristikleri, *Tekstil ve Konfeksiyon*, (2)120-129.
33. Özdi, N. (2003). *Kumaşlarda Fiziksel Kalite Kontrol Yöntemleri*, E. Ü. Tekstil ve Konfeksiyon Araştırma Uygulama Merkezi Yayını.
34. Can, Y. ve Kırtay, E. (2004), Pamuklu Bezayağı Kumaşların Aşınma Mukavemetine Etki Eden İplik Özelliklerinin İncelenmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 13-3 (2009), 297-304.
35. Wang, Z., W. Heat and Moisture Transfer and Clothing Thermal Comfort. (2002), Phd Thesis, The Hong Kong Polytechnic University, Institute of Textiles and Clothing, Hong Kong.
36. Gürkan Ünal, P. ve Taşkın, C. (2007), %100 Poliester Kumaşlarda Dokunun ve Sıklıkların Kopma Mukavemetine Etkisi, *Tekstil ve Konfeksiyon*, (2), 115-118.

# Saraciye Ürünlerinde Kullanılan Deri Türleri ve Süsleme Teknikleri

**Selime MENTEŞ ÇOLAK<sup>1</sup>**

**Deniz GÜRLER KARAMAN<sup>2</sup>**

## CHAPTER 8

---

<sup>1</sup> Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Deri Mühendisliği Bölümü

<sup>2</sup> Uşak Üniversitesi Deri Uygulama ve Araştırma Merkezi





Deri, insanoğlunun yaşamında ilk çağlardan günümüze kadar taş ve ağaçtan sonra en çok kullanılan malzemelerden biri olmuştur. İnsanoğlu avladığı hayvanların etlerini beslenmede kullanırken, derilerini çevresel koşulların olumsuz etkisinden korunmak için örtünme ya da sarınma amacıyla değerlendirmişlerdir. Daha sonra bu deri ve postlar üzerine resimler çizerek vb. ilkel teknikler kullanarak görünümleri açısından geliştirmişler; bazı desen ve süslemeleri kendilerini ifade etmek için bir sembol olarak kullanmışlardır. Böylece deri, geçmişten günümüze insanların giyimden barınmaya kadar günlük yaşamında kullandığı önemli bir materyal haline gelmiştir. İnsanoğlu zamanla deri işleme konusundaki bilgi becerisini geliştirmiş ve deriyi; giysi, sandalet, torba, koşum takımları, kalkan, zırh, miğfer, şişe ve küp kılıfı, ayakkabı, boyunduruk, kamçı, semer, bıçak, silah kılıfları, kemer, çanta, eldiven, kap, başlık, müzik aletlerinin yapımında da kullanmaya başlamıştır. Ürün geliştirme teknikleri ve çeşitliliğinin arttığı bu süreçte, deri aynı zamanda farklı toplumlarda geçmişin kültürü ile bu günün yaşam özelliklerini birleştirerek gelecek nesillere aktaran, halk dilini, kültürünü ve o halkın köklü sanat geleneğini ifade eden zanaat ürünü haline gelmiştir. Bu nedenle deriden yapılan eşyalar, kullanılan süslemeler ve teknikler, tarihi bir bilgi ve belge niteliği de taşımaktadır.

Tarihimize bakıldığında, göçebe yaşam ve hayvancılık sebebiyle deri işleme ve deri süslemelerinin çok geniş bir teknik ve desen çeşitliliğine sahip olduğu görülmektedir. Tüm bu desen, teknik ve yapılanmalar sanatsal yönü bulunan çalışmalardır ve derinin sanat yönü insanların deriyi keşfetmelerinden bugüne dek ulaşan bir sürecin etkisini yansıtmaktadır. Türk topluluklarında deri süslemeciliği özellikle at binmeye ve cirit vb. sporlara verilen önemle ortaya çıkmaya başlamıştır. Türkler, savaşlarda ve yapılan seferler sırasında kendi giysilerinin yanı sıra atlarının eyer, koşum takımı vb. eşyalarına ve bunların yapımı ve süslemelerine büyük önem vermişlerdir. O dönemde, pantolon, elbise, çanta, çizme, başlık, kap kakak, at koşum ve eyer takımları, eyer altı örtüleri gibi eşyalar deriden yapılmıştır.

Deri materyal olarak kullanıldığı her alanda mamul haline gelen ürünlerin çekiciliği ve katma değerini arttırmaktadır. Bazı toplumlarda statü göstergesi olarak da görülen deri ürünler benzerlerine kıyasla daima daha fazla tercih edilmektedir. Bu nedenle geçmişten günümüze eşsiz görsel ve dokunsal özelliklerinin yanı sıra esnek ve sağlam yapısı ile moda tasarım ve uygulamalı sanatlarda önemli ve değerli bir malzeme haline gelmiştir.

### Saraciye ve Saraciyelik Ürünler

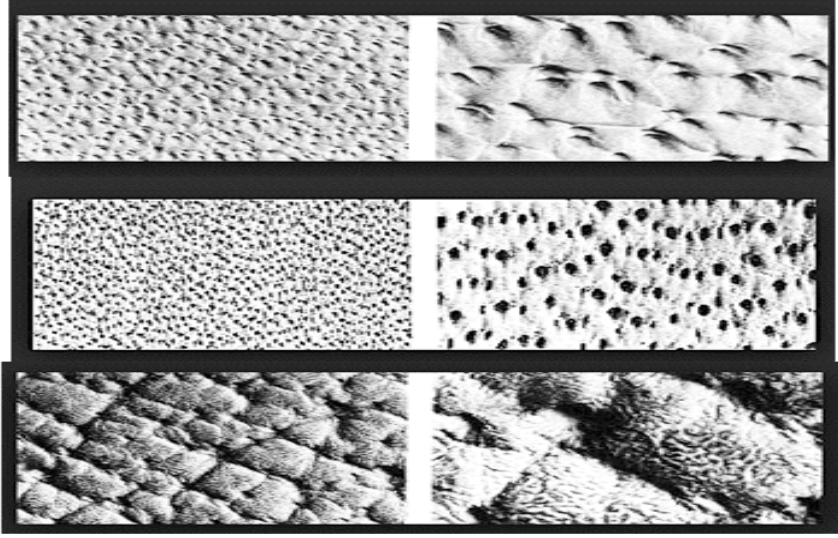
Saraciye; doğal ve suni deri, farklı tekstil malzemeleri ile plastik, ağaç ve metal cisimler kullanılarak giysi ve ayakkabı dışında çeşitli ürünlerin ve aksesuarların üretimini konu alan bir sanayi alanı olarak tanımlanmıştır. Saraciye olarak isimlendirilen eşyalar Uluslararası tasnif sistemine göre, şu şekilde gruplandırılmıştır;

1. Kasalı veya kasasız spor ve seyahat çantaları ve bavullar,
2. Evrak ve okul çantaları,
3. El portföyleri ve bayan çantaları,
4. Cüzdanlar, portmoneler ve para çantaları,
5. Askılı veya askısız erkek el çantaları,
6. Kasalı veya kasasız mücevher, kıymetli eşya ve müzik alet kutuları
7. Kemer ile saat kayışları
8. Koşum ve eğri takımları ile tasmalar
9. Spor ve avcılık malzemeleri
10. Büro malzemeleri (Sümen takımları, kalemlikler, dosyalıklar, ajanda, bloknotlar vb.)
11. Süs eşyaları, hediyelik eşyalar, anahtarlıklar vb. eşyalar

### Saraciyelik Deri Türleri ve Yapısal Özellikleri

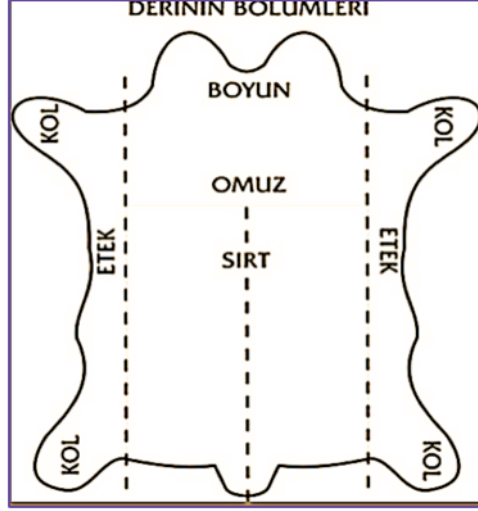
Yukarıda yer alan saraciyelik ürünlerin tümü deriden üretilebilir. Bu geniş kullanım alanı, derinin kendine has yapısı ve hedeflenen kullanım amacına uygun olarak işlenebilmesinden kaynaklanmaktadır.

Üretim sürecinde öncelikle imal edilecek ürün türüne bağlı olarak uygun özellikleri taşıyan derilerin seçimi önemlidir. Çünkü deri özellikleri elde edildiği hayvan türüne, yaşına ve cinsiyetine göre farklılık göstermektedir. Ayrıca deri yüzey görünümü, hayvan türüne özgü gözenek yapısı deriden mamul eşyaları sentetik derilerden ayıran karakteristik özelliktir (Şekil 1).



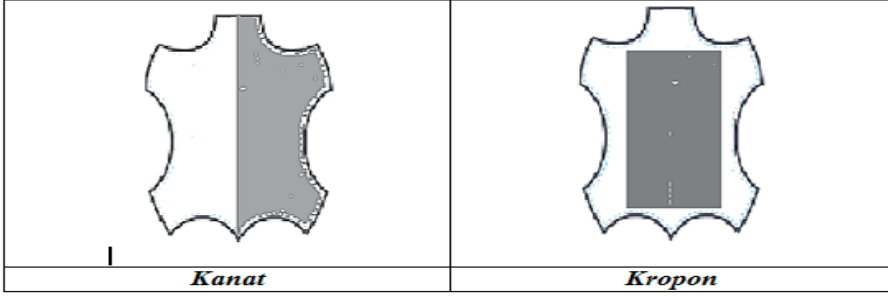
**Şekil 1.** Farklı Deri Türlerinin Yüzey Görünümleri ve Gözenek Yapıları

Deri, kendi yüzey alanı içinde bölgelerine göre farklı yapısal özellikler taşımaktadır. Derinin lif dağılımı, liflerin yönü, lif sayısı ve liflerin kalınlığı bölgeden bölgeye değişiklik göstermektedir. Bu durum derinin mukavemet, sıklık ve esneklik gibi birçok özelliğinin bölgesel farklılıklar göstermesine neden olur. Ürün tasarımı ve üretiminde bu bölgelerin özellikleri de göz önünde tutularak deriler asortlanmalıdır. En dayanıklı ve sağlam deri yapısı sırt bölgesine aittir. Bu nedenle ürün ana kalıpları sırt bölgesine yerleştirilir ve ürünlerin ana parçaları bu bölgeden alınan derilerden üretilir. Etek kısımları daha gevşek cilt yapısına sahiptir ve genellikle ürünlerin gözle görülmeyen iç kısımlarına ait parçalar bu bölgelerden üretilir (Şekil 2-3).



Şekil 2. Derinin Alansal Farklılık Gösteren Bölge

Deri yüzey alanının, yapısal özelliklerine bağlı olarak bölümlendirilmesi teknik bakış açısı ile mesleki bir terminoloji kapsamında “kanat” ve “kropon” olarak da adlandırılmaktadır (Şekil 3).



Şekil 3. Deri Yüzey Alanları ve Mesleki Terminolojide Adları

**Kanat:** Derinin yarısını ifade eder, sırta yakın kısımlar daha sıkı ve uniform olmakla birlikte etek ve karın kısmına doğru gidildikçe, bu bölgelerdeki lif demeti sayısı daha az, lifler daha ince, lifler arası boşluk daha fazladır. Sırta yakın kısımlar daha sıkı ve mukavemetli olmakla birlikte etek kısımlarının mukavemeti daha düşüktür, deri daha gevşek, daha esnektir. Örneğin; kemer yapımında veya çanta sap kısımlarında sıkılık ve mukavemetin yüksek olması ve esneklik istenmemesi sebebiyle sırt çigisine en yakın olan kısımlar tercih edilmelidir.

**Kropon:** Kropon derinin en homojen yapılı kısmıdır ve bu nedenle değerli bir bölgedir. Deri ürünleri üretimi için en iyi deri bölgesi olarak kabul edilir. Lif sayısı, kalınlığı, mukavemeti birbirine yakın özellikler taşır. Kropon olarak temin edilen bir deriden ürün üretimi sırasında homojen yapı tüm alanı kullanılabilir kılar ve daha az atık deri kırıntısı ortaya çıkar. Özellikle büyükbaş deriler kropon olarak da satılan deri grubudur ve deri saraciye üretiminde tercih edilmektedir.

## Deri Çeşitleri ve Deri Yapısını Etkileyen Faktörler

Deriden mamul bir ürünün imalatında en önemli nokta kullanılması gereken deri türünün belirlenmesi ve bu derinin özelliklerini tanımadır. Çünkü deriler farklı tabaklama maddeleri ile tabaklanmakta ve her tabaklama maddesi deriye farklı özellikler kazandırmaktadır.

Hamderi ve tabaklama türü deri ürün üretiminde ve süsleme amacıyla kullanılacak tekniğin seçimi üzerinde de etkilidir. Bu nedenle her deri türüne her süsleme tekniği ya da birleştirme tekniği kullanılamamaktadır. Uygun deri seçimi yapılmadığında yüzey süsleme işlemlerinde beklenen performansta sağlanamamaktadır. Örneğin koyun derisinden üretilen derilerin yumuşak olmasından dolayı kakma süsleme tekniğini uygulamak mümkün değildir. Bu tür bir uygulama için dana ya da sığır derisinden yapılmış vejetal olarak üretilmiş vaketa ya da kösele denilen deri türleri uygundur. Bu nedenle süsleme tekniklerini doğru uygulayabilmek için uygun özellikteki deri türünü seçmek gereklidir.

Deri yapısını etkileyen birçok faktör bulunmaktadır. Mamul hale gelecek bir derinin özelliklerini etkileyen en önemli faktörler aşağıda sunulmuştur:

**1. Kullanılan Hamderi Türü:** Her bir hayvanın farklı deri özellikleri, farklı lif ve kıl yapısı ve farklı cilt deseni vardır (koyun, keçi, dana, timsah, yılan, vb.) (Şekil-4).

Deri, elde edildiği hayvan türüne ve hayvanın büyüklüğüne göre; büyükbaş hayvanlar, küçükbaş hayvanlar, sürüngenler, kürk hayvanları ve av hayvanları olarak sınıflandırılır. Büyükbaş hayvanlar daha büyük alana sahip hayvanlardır. Büyük saraciyelik ürünlerin yapımında (ürün parçalı yapılmayacaksa) bu tür hayvan derileri tercih edilebilir. Bu gruba dana, sığır, manda, deve gibi hayvanlar girmektedir. Bu derilerin kendi doğal derilerine has deri kalınlığı, kolajen, elastin liflerinin miktarı, sayısı ve kalınlığı, yağ içerikleri, kıl sayısı gibi özellikleri birbirinden farklıdır. Bu özelliklere bağlı olarak derinin sıklık, mukavemet, yumuşaklık, esneklik vb özellikleri değişmektedir. Uygulanan tabaklama ve deri işleme yöntemleri de derinin sıklık, yumuşaklık, esneklik vb özelliklerini etkilemektedir. Bu nedenle yapılacak üründe gerek hayvanın ırkına bağlı özelliklerini gerekse kullanılan tabaklama yönteminin deriye kazandırdığı özellikleri bilmek önem taşımaktadır. Buna bağlı olarak ürün tasarımı ve üretiminde doğru seçilmiş bir deri malzeme, nihai ürünün kullanımı sırasında ortaya çıkacak kusur ve hatalarını önler ve daha verimli, kaliteli üretime olanak sağlar.

**Sığır derileri;** güçlü, dayanıklı ve belirli bir esneklik düzeyinde üretilen derilerdir. Daha çok ayakkabı, bavul, çanta, kemer, cüzdan ve diğer deri eşyaların üretiminde kullanılır.

**Dana derileri;** sığır derilerine göre daha ince ve düzgün ciltlidir. Düzgün bir sütrüktür yapısı vardır. Çanta cüzdan, küçük deri ürünleri yapımında ve dekorasyonda kullanıma uygundur. Özellikle bitkisel tabaklanmış olan sığır ve dana derileri oyma ve kakma, yakma işlemleri için çok uygun özellikler taşımaktadır.

Küçükbaş hayvanlar grubuna ise; koyun, keçi, domuz, deve kuşu gibi hayvan türleri girmektedir. Bu hayvanların derileri alanları daha küçüktür. Büyükbaş derilere göre deri kalınlığı, kolajen liflerinin miktarı, kalınlığı ve sıklığı daha azdır; elastin liflerinin miktarı yağ miktarı ise daha fazladır. Bu deriler kullanılan tabaklama ve deri işleme yöntemine göre daha yumuşak ve esnek deri verirken, mukavemet ve kalınlıkları daha düşüktür.

**Keçi ve oğlak derileri;** Koyun ile daha derisi arasında sütrüktürel özelliğe sahiptir. Çanta cüzdan, kitap cildi gibi deri ürünlerinin yapımında tercih edilir. Oğlak derileri ise daha çok süet üretiminde kullanılır.

**Koyun derileri;** Dana ve sığır derileri gibi sağlam deriler değildir. Daha çok giysi, asar, zarif çanta ve ayakkabı yapımında kullanılırlar. Oyma, yakma ve benzeri süsleme teknikleri için uygun değildir, fakat yumuşak olmaları nedeniyle aplike, büzme vb. süsleme teknikleri için uygundur.

Ayrıca yılan, timsah, farklı bazı balıkların derileri saraciyelik ürünlerin üretiminde kullanılabilir. Bu deri türleri, “egzotik deriler” olarak da adlandırılmakta ve kendilerine özgü cilt desenleri ile ilgi çeken, lüks ürün grubundaki saraciyelik eşyaların üretiminde tercih edilmektedir.



**Dana derisi**



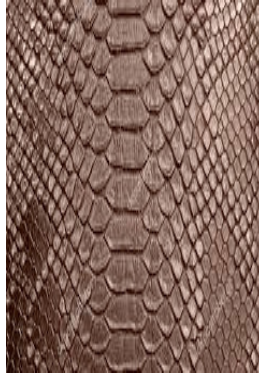
**Keçi derisi**



**Koyun derisi**



**Yılan derisi**



**Timsah derisi**



**Devekuşu derisi**

**Şekil 4.** Farklı derilerin cilt görüntüsü

**2. Hayvanın Yaşı ve Cinsiyeti** Hayvan ne kadar yaşlı ise, deri kalitesi o kadar düşüktür ve gevşek bir deri dokusu, kalın bir sırcaya sahiptir. Genç hayvanların cildi daha düzgündür. Erkek hayvan derileri dişiler göre daha sıkı bir dokuya sahiptir.

**3. Derinin Üretiminde Kullanılan Tabaklama Türü** (Bitkisel, mineral, yağla vb.): Tabaklamada kullanılan her maddenin deriye kazandırdığı farklı bir özellik vardır. Örneğin kromla tabaklanmış deriler bitkisel tabaklanmış derilere göre daha dayanıklı deriler verirken, deriye aynı zamanda yumuşaklık kazandırır. Sıkılık ve sertliğin ön planda olması gereken kemer gibi bir deri üründe, yada oyma, kakma tekniklerinin kullanılacağı bir çalışmada, tasarlanan ürün için bitkisel tabaklanmış deri türleri seçilmelidir. Esneklik ve yumuşaklığın önem taşıyacağı bir ürün yapımında ise kromla tabaklanmış deri seçilmelidir. Bitkisel tabaklanmış, kösele, vaketa gibi üzerine finisaj yapılmamış deriler zamanla okside olarak renkleri koyulaşır, bazı saraciye türlerinde bu istenen bir durumdur.

**4. Kullanılan Üretim Teknolojisi ve Deriden Beklenen Özellikler:** Giysilik, saraci-yelik, ayakkabılık, kürklük, vb. tüm deri türleri aynı hamderi türünden üretilse bile, üretiminde farklılıklar gösterir. Ayrıca kullanılacağı ürüne göre deriden beklenen özellikler farklı olabilir; örneğin bir sandalet yapımında kullanılan bir kösele bükülmeye, aşınmaya karşı dayanıklı olmalıdır, yada çanta veya cüzdan üretiminde kullanılan bir derinin sürtünme haslığı, ter haslığı gibi özelliklerinin iyi olması gerekir, çünkü ürünün el ile temas eden kısımlarında elin terlemesiyle derinin renk ve yüzey özellikleri olumsuz etkilenecek değişebilir. Aynı şekilde çantanın sürtünmeye maruz kalan kısımları, sürtünme haslığı düşük olan derilerde olumsuz etkilendir.

Deri ürünlerin üretiminde kullanılan çeşitli deri türleri vardır. Bu tiplerin her birinin kendine özgü kullanımı, kimyasal bileşimi ve tabaklama tekniği vardır. Deri türlerinden bazıları şekil-5'de verilmiştir.

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                      |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><b>Kösele:</b> Sığır, dana gibi büyükbaş hayvanlardan elde edilen genellikle bitkisel ya da bitkisel krom kombinasyonlu çok sert, kalın deri türüdür. Özellikle el üretimi saraciye ürünlerinin üretiminde, oyma, yakma, kakma vb.süslemelerde kullanılan deri türüdür.</p>                                                                                                                                                                                            |    |
| <p><b>Vaketa:</b> Bitkisel tabaklanmış dana, sığır derileridir. Özellikle el üretimi saraciye ürünlerinin üretiminde, oyma, yakma, kakma vb.süslemelerde kullanılan deri türüdür. Finisaj yapılmamış vejetal deriler. Bu deri türü daha çok el sanatlarında, süslemelerde, bavul ve el çantası yapımında kullanılır. Deri suya ve lekelerle karşı hassastır. Güneş ışığı, ter, vb. unsurlar zamanla derinin rengi koyulaşarak farklı bir görüntü vermesine neden olur</p> |   |
| <p><b>Vidala:</b> Dana yada sığır derilerinin tabaklanmasıyla elde edilen kalın, suya dirençli ve sert deridir. Genellikle çanta, cüzdan ve ayakkabı üretiminde kullanılır.</p> <p>Finisajlı, sağlam dayanıklı ürünlerdir.</p>                                                                                                                                                                                                                                            |  |

Şekil 5. Farklı Deri Türü Örnekleri

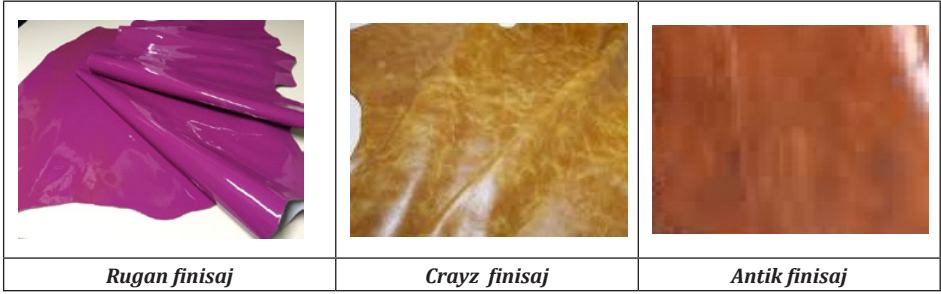
#### 5. Derinin Cilt yada Et Yüzü Kullanımı;

- Cilt(Sırça) yüzü kullanılan giysilik deriler; napa, zig deri olarak adlandırılır.
- Cilt(Sırça) yüzü zımparalanmış deriler *nubuk olarak adlandırılır, cildi düzgün ve çok kaliteli derilerdir*
- Et yüzü zımparalanmış deriler, *süet olarak adlandırılır. Bu deri türlerinin tümü, üretim teknolojilerine bağlı olarak, giysi, ayakkabı, çanta gibi ürünlerin üretiminde kullanılılabilmektedir.*



Tam ciltli deri (Full-grain leather)  
 Ciltli deri (Top-grain leather)  
 Cildi düzeltilmiş deri (Corrected-grain leather)  
 Yarma Deri (Split leather)  
 Süet (Sued)  
 Nubuk (Nubuc)  
 Napa (Nappa)  
 Güderi (Chamois)

**6. Finisaj İşlemi:** Finisaj işlemi, deri yüzeyinin kimyasal (leke, su vb.) ve mekanik etkilere (sürtünme, aşınma, vb.) karşı korunması, deri yüzey renginin eşitlenmesi, farklı tutumlar kazandırılması, cilde parlaklık efektinin kazandırılması, farklı tutum özelliklerinin sağlanması amacıyla yapılır. Deriye farklı finisaj türleri ile farklı cilt görüntü ve özellikleri kazandırılır. Finisaj türüne göre derilerin cildine uygulanabilecek süsleme teknikleri ve kullanım yerleri değişir (Şekil 6). Fakat saraciyelik bir ürünün yüzeyinin işlenmesinde yakma, boyama, kakma vb. süsleme çalışmaları yapılması tasarlanıyorsa, finisajlı bir deri bu tür uygulamalara olanak sağlamayacağı için finisaj uygulanmamış deriler seçilmemelidir. Finisajlı deriler ancak bu uygulamalar dışındaki ürün üretimi ve süslemesi için uygundur.



Şekil 6: Bazı finisaj türlerine ait örnekler

Derinin özellikleri aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- Yumuşak
- Dayanıklılık
- Bozulmaz
- Yüzeysel deliklerle hava ve su sirkülasyonun
- Nefes alma (nemi emme ve tekrar dışarı verme) Esneklik

Doğal deri, sentetik deriden çok daha farklı kılan birçok özelliğe sahiptir. Doğal derinin özelliklerinden bazıları şunlardır;

### 1. Mükemmel kalıplama ve şekillendirme özelliklerine sahiptir.

Doğal deri esnek ve elastiktir. Bundan dolayı, belirli bir forma uyması için basınç uygulandığında yırtılabilen sentetik deriden farklı şekillerde biçimlendirilebilir. Doğal deri, güçlük çekmeden üreticisinin isteklerini “dinler”. Doğası gereği, çeşitli kıvrımlı yönleri olan nesnelerin şeklini ve şeklini alabilir. Şişelerin, vazoların, kavanozların ve hatta heykel biçimlerinin kalıplanmasında kolaylıkla kullanılabilir.

**2. Yırtılma mukavemeti (plastisite)** - Bu, derinin “zorlanmalara ve gerilmelere” dayanabilmesidir. Doğal deri, gerdirme, şekillendirme veya manipüle etme yeteneğine sahiptir. Doğal deri çok güçlüdür ve bu nedenle kolay yırtılmaz. Sentetik deri kolayca yırtılır. Bu doğal deri kalitesi, ürünlerinin neden “sentetik” deri ürünlerden daha uzun süre dayanacağını açıklar.

**3. Doğal deri, oyma ve kabartmalı-yapılabilir:** Kalınlığı nedeniyle doğal deri oyulabilir, kabartma ve baskı yapılabilir. Bu üretim teknikleri hafifliği nedeniyle sentetik deride kullanılamaz.)

### Deri Yüzey Süsleme Teknikleri

Süsleme sanatı bir yapıyı, bir eşyayı kullanım amacıyla birlikte göze daha güzel göstermek için çeşitli türlerde yapılan estetik çalışmaların tümü olarak tanımlanmaktadır.

Saraciye ürünlerinde süsleme, malzeme çeşitliliğine ve yaratıcılığa bağlı olarak sınırsız seçenekler sunar ve tasarımcının hayal gücü ile zenginleşen sanatsal çalışmaları kapsar. Modaya bağlı olarak kullanılan süsleme teknikleri ve materyaller de sürekli olarak gelişmekte ve değişik tasarımların ürün yüzeylerine yansıtacağı olanakları beraberinde getirmektedir.

Deri ile çalışılırken en önemli nokta, tasarlanan ürüne uygun deri kullanımı ve derinin cilt yüzeyine uygulanan tekniklerde dikkatli ve hassas çalışılmasıdır. Özellikle finisajlanmamış deriler, baskı ve çizilmeye karşı çok hassastır ve bu tür bir hasar geri döndürülemez bir cilt kusur ve kalite kaybına neden olabilir.

**\*Patchwork Tekniğiyle Birleştirme ve Süsleme Tekniği (Yama şeklinde süsleme):** Koyun, keçi veya dana derilerinin yumuşak olarak üretilmiş türlerinin kullanıldığı, farklı renkte doku ve desende deriler ile yada farklı dokumalar ile deri ürünün üzerinde yapılan süslemelerdir. İki veya daha fazla deri parçasını bir arada birleştirmek için kullanılan bir işlemdir. Farklı renklere deriler ile veya tek renk deri ile çalışılabilir. Birleştirilecek tüm derilerin kenarları düzgün bir şekilde kesilmiş olmalıdır. Bazen sürüngen derileri, kürklü deri parçaları da bu amaçla kullanılabilir, ürünün albenisini ve değerini artırırlar.



**\*Craft İle Süsleme:** Çeşitli craft aletleri ile şekil verilerek derinin yüzeyinin süslenmesidir. Bu tür ürünlerin yapımında dana ve sığır derilerinden elde edilen kösele veya vaketa gibi bitkisel tabaklanmış (vejetal) deriler kullanılır. Bu deriler, kalın, sıkı ve sert olması nedeniyle çok az nemlendirilerek istenen şekil ve süsleme yapılır. Bu süsleme tekniğinin düzgün yapılabilmesi için derilerin üzerinde finisaj tabakasının olmaması gerekir.





**\*Dikiş İle Süsleme:** Farklı deri dikim iplikleri yada deriden elde edilmiş sıırım vb. iplikler ile dikiş teknikleri kullanarak yapılan süslenme uygulamalarıdır.

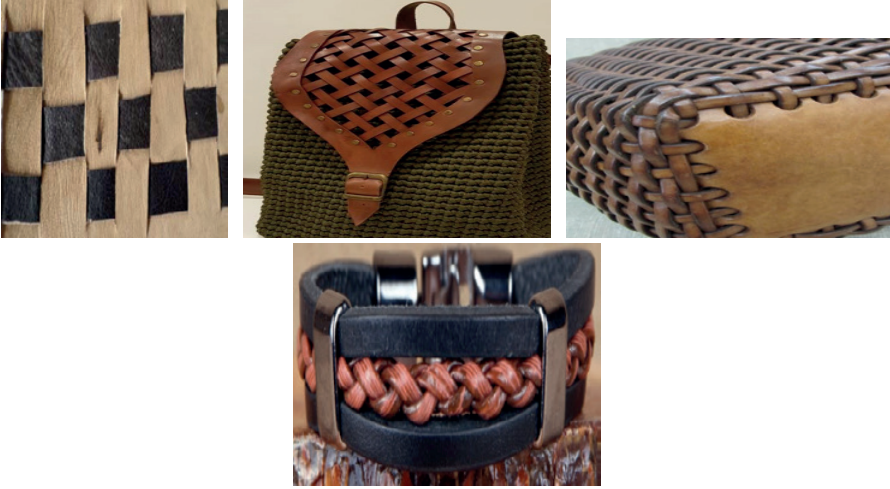


**\*Boyama Teknikleri İle Süsleme:** Daha çok kösele ve vejetal derilere yani bitkisel olarak tabaklanmış deri türlerinde bu boyama işlemleri gerçekleştirilir. Diğer tabaklama türleri ve özellikle finisajlı derilerin bu tür uygulamalar için kullanımı uygun değildir. Boyama sürme ya da daldırma teknikleri ile gerçekleştirilebilir. Bu dekoratif teknikte, boyalar veya mürekkepler, üzerinde ilginç tasarımlar oluşturmak için deri bir malzemeye uygulanır. Deri malzeme çeşitli renklerde boyanabilir. Kromlu yada bitkisel tabaklanmış, dolap boyaması yapılmış yada yapılmamış deriler bu teknik ile süslenebilir. İşlem sırasında kullanılan derilerin ve boyaların sürtünme haslığı yüksek olmalıdır. Böylece yapılan süslemelerin ürünün kullanım sürecinde kalıcılığı yüksek olur.



### \*Deri Örgü ve Dokuma Teknikleri ile Süsleme

Bu teknikte süslenecek bir eşya üzerinde şerit formunda kesilen deriler ile örme yada tekstil yüzeylerin oluşturulmasında atkı-çözüğü ile dokumada olduğu gibi arzu edilen tasarım veya desen yaratılır. Bu tür ürünleri için kullanılacağı yere göre yumuşak yada sıkı tutumlu kromla tabaklanmış koyun, keçi dana derileri yada bitkisel tabaklanmış veya bitkisel krom tabaklanmış sıkı tutumlu vaketa deriler tercih edilebilir.



**\*İşleme Tekniği ile Süsleme:** Çeşitli dokuma, deri ve diğer kumaşlar üzerine iğne veya özel araçlarla, elde veya makinada çeşitli iplikler kullanılarak( ipek, yün, sim, rafya, sırim vb.) oluşturulan süsleme olarak tanımlanmaktadır.

Deride işleme tekniği daha çok ince deriler üzerine desenin, sim, sırma, ipek, iplik, inci ve boncuk işlenmesiyle oluşturulmaktadır. Derinin kumaş gibi kullanılabilme özelliği, çeşitli işleme tekniklerinin kolaylıkla uygulanabilmesini sağlar. Özellikle Osmanlı dönemine ait deri ürünlerin süslemesinde zengin işleme örneklerine rastlanmaktadır. Genellikle ince deri üzerine altın veya gümüş simler kullanılarak işlemler yapılmıştır.



Bu tür ürünlerin üretiminde ince ve yumuşak olarak üretilmiş kromla tabaklanmış deri türleri kullanılır. Derilerin dikiş yırtılma dayanımlarının yüksek olması önem taşır.

### \*Marble Efeki İle Süsleme - Ebru:

Bu dekoratif tekniğe ulaşmanın birkaç yolu vardır. Bunun bir yolu, bir çay kaşığı yardımı ile boyalar deri malzemesinin belirli bölgelerine dökülmeden veya serpilmeden önce deri malzemenin ezilmesidir. Bazen derinin alanları, boya serpilmeden veya boya çözeltisine daldırılmadan önce ipliklerle bağlanır.

Kontrollü ebru denilen bir başka ebru tekniği nişasta üzerine yağlı boya serpmek ve ilginç bir desen oluşturmak için bir çubukla karıştırmak suretiyle gerçekleştirilir. Deri malzeme üzerine serilir ve üzerinde oluşturulan dekoratif desen için sırt kısmı hafifçe vurulur. Kontrolsüz ebru, üzerine yağlı boya serpilmeden önce nişastanın terebentin ile değiştirilmesiyle de yapılabilir. Ebru tekniğinin uygulanmasında seçilen derinin üzerinde finisaj katı bulunmaması daha uygundur.



#### \*Carving/ Oyma

Bu dekoratif teknik, ahşap veya farklı oyma aletleri ile deri yüzeyine arzu edilen desenin uygulanması ya da derinin yüzeye uygulanan bir desen çevresinde kalınlığının azaltılması ile uygulanmaktadır.

**\*Oyma (kaatı) tekniği:** Deri ciltlerinin en karakteristik yüzey süslemeleridir. Traşlanarak inceltilmiş olan derilerin dantel gibi oyularak cilt kapağının genellikle iç yüzeyindeki değişik renkli zemine yapıştırılması suretiyle yapılan ince, güzel fakat o nispette zahmetli bir bezeme tekniğidir.

Belirlenen desen özelliğine göre desenin belli kısımları kesilerek çıkartılır ve oyulan kısımlara farklı renkteki bir deri zemin üzerine yapıştırılır veya dikiş teknikleri ile tutturulur.



#### \*Kabartma:

Bu teknikte temel prensip, deri malzeme yüzeyinde çökertme ya da yükseltme yöntemi ile desen oluşturulmasıdır. Kabartma için daha sıkı ve sert deri yüzey dokuları ile çalışmak uygundur. Bu nedenle bitkisel tabaklanmış, kalın dana yada sığır derileri, kösele türü deriler uygundur.



#### **\*In-laying-Gömmme:**

Bu dekoratif teknik, çizilen bir tasarımın kesilmesini ve kesme tasarımının altına renkli yada farklı doku veya özellikte deri parçanın yerleştirilmesini içerir. Deri parçası, dikme veya yapıştırma yoluyla sabitlenir. Bu teknikte daha çok koyun, keçi derileri gibi yumuşak ve ince derilerin kullanımı uygundur. Ancak giysilik deri benzeri, ince ve yumuşak olarak işlenmiş, kromla tabaklanmış dana derileri de kullanılabilir.



#### **\*On-laying: Aplike-Oturtma:**

Bir malzemenin üzerine aynı ya da farklı özellikteki diğer bir malzemeyi keserek, yapıştırarak, dikerek vb. şekilde ilave ederek yapılan süslemeye denir. Bu teknikte bir fon diğeri de fonun üzerine applike süslemeyi meydana getirecek iki unsur söz konusudur. Bu teknikte de daha çok koyun, keçi derileri gibi yumuşak ve ince derilerin kullanımı daha uygundur. Giysilik gibi ince ve yumuşak olarak işlenmiş, kromla tabaklanmış dana derileri de kullanılabilir.



#### **\*Stamping: Baskı:**

Bu teknik, çeşitli tasarımlar için ısıtılmış pullar kullanılarak deri malzeme üzerine desen uygulamalarının gerçekleştirilmesini kapsar. Bitkisel tabaklanmış dana ve sığır derileri, kösele ve vaketa türü sıkı sert deriler bu tür süsleme için daha uygundur. Aynı zamanda deri yüzeyinde finisaj bulunmaması gerekir.

#### **\*Scorching: Yakma**

Bu teknikte öncelikle deri yüzeyine desen transferi yapılır daha sonra ısıtılmış metal bir çubuk veya lehim çubuğu, desen çizgileri boyunca cilt yüzeyini yakılarak süsleme



gerçekleştirilir. Bu tür süslemede de bitkisel tabaklanmış dana ve sığır derileri, kösele ve vaketa türü sıkı sert deriler bu tür süsleme için daha uygundur. Aynı zamanda deri yüzeyinde finisaj bulunmaması gerekir.



#### **\*Farklı Dikiş Teknikleri ile Süsleme:**

Bu tür süslemede deri ürüne, farklı kalınlıkta deri şerit ve sıırımlarla yada farklı ipliklerle veya farklı dikiş teknikleri birleştirilerek albeni kazandırılmaktadır. Deri, kullanılacağı ürüne göre sıkı yada daha yumuşak kromlu boyalı ve finisajlı olabilir. Bitkisel-krom tabaklanmış vaketa deriler de seçilebilir. Ancak deri şeritlerin mukavemetinin ve esnekliğinin iyi olması gerekir.



#### **\*Deri, Kürk, Boncuk, Metal Ve İplikler İle Süsleme**

Çanta, cüzdan, ayakkabı gibi birçok deriden üründe farklı metal aksesuarlar kullanılarak deri ürünün albenisi ve ekonomik değeri arttırılabilmektedir



Derinin günümüzde kolay işlenebilirliği, sağlam yapısı; renk, doku, form açısından geniş bir çeşitliliğe sahip oluşu ve uzun kullanım ömrü, moda tasarım ve endüstriyel tasarım ürünlerinde tercih edilen bir malzeme olmasını sağlamıştır. Ayrıca gelişen teknoloji, derinin her gün farklı bir özellik kazanmasını sağlamaktadır.

Geçmişten günümüze bir zanaat olan deri süsleme sanatı, bugün de saraciyelik ürünlerde kullanılmaya devam etmekte ve modern tasarımların yansıdığı birçok deri eşyanın moda dünyasında yerini almasına olanak sağlamaktadır.

Bu tekniklerin uygulanmasında birbirinden farklı özellikler taşıyan deri türleri kullanılmaktadır. Uygun süsleme tekniğinde uygun derinin kullanılabilmesi için deri özelliklerinin ve tabaklama türünün deriye kazandırdığı farklılıkların iyi bilinmesi, tasarlanan ürünün istenilen kalite ve görünümde üretilmesine olanak sağlayacaktır.

## KAYNAKÇA

1. Adom, D., Leatherwork for Senior High Schools, Published by Adom Series Publications, Post Office Box ks 5281 Kumasi, ISBN: 978-3-659-34738-2.
2. Akca, F., 2013, Beypazarı Yöresi Savaşlık Mesleği (Saddlery in Beypazarı), 2.Uluslararası Ankara-Kazan ve Çevresi Halk Kültürü Sempozyumu ve Uluslararası Sanat Çalıştayı, Kazan-Ankara, 02-04 Ekim.
3. Anon. 1991, Deri Teknolojisi, Rüştü Uzel Anadolu Hazır Giyim- Deri Hazır Giyim Meslek Lisesi, Türk Alman İşbirliği Projesi, T.C. Milli Eğitim Bakanlığı, Kız Teknik Öğretim Genel Müdürlüğü.
4. Anon, 2005, Collezioni Accessori, Logos Publishing srl, İtalya, yıl: 2005 sayı:39, s.186.
5. Anon, 2019, Deri çanta süsleme, <https://tekstilbilgi.net/deri-canta-susleme.html>
6. Anon, 2019, Deri rölyef sırt çantası-<https://www.pinterest.co.uk/pin/140385713366345712/>
7. Ceyhan, Y., 2010, İstanbul’ da Dekoratif Ürünlerde Deri Kullanımı ve Ürün Örnekleri, Yüksek Lisans Tezi, 2, T.C. Selçuk Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, El sanatları Eğitimi Ana Bilim Dalı, Dekoratif Ürünler ve Çiçek Eğitimi Bilim Dalı.

8. Dıvrak, M., 2010, Klasik Dönem Osmanlı Çadır Süslemelerinden Kıvrırma, Oturtma, Çırpma (aplike) Tekniğinin Günümüz Gereksinimlerine Uyarlama Önerileri, Yüksek Lisans tezi, İstanbul, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü Geleneksel Türk Sanatları Anasanat Dalı.
9. Gökçesu, z., (2002). Deri teknikleri. İstanbul, ya-pa yayınları.
10. Güler, M., Özdemir, M., 2004, Osmanlı İmparatorluğu Dönemine Ait (18-19.yy) Deri Ürünler Üzerine Bir Araştırma, sf: 573-579, 1. Ulusal deri sempozyumu, 7-8 Ekim, İzmir-Türkiye.
11. Irish, S., 2011, Art Deco Griffin Leather Journal Pyrography Project
12. Kayabaşı, N., Özdemir, M., 2004, Derinin El Sanatları İçerisindeki Yeri ve Kullanım Alanları, sf: 599-615, 1. Ulusal Deri Sempozyumu, 7-8 Ekim, İzmir-Türkiye.
13. Kite, M., Thomson, R., 2011, Conservation of Leather and Related Materials, published by Routledge 2 park square, Milton Park, Abingdon, oxon ox 14 4rn 711 third avenue, New York, ny 10017, Usa routledge is an imprint of the taylor & francis group, an informa business, ISBN: 978-0-7506-4881-3.
14. Kula, M., 2006, Türk Moda Giyim Endüstrisinde Deri Tasarımların Gelişim ve Değişim Parametreleri Üzerine Bir Araştırma, T.C. Dokuz Eylül Üniversitesi Güzel Sanatlar Enstitüsü Tekstil Anasanat Dalı Yüksek Lisans Tezi.
15. Özdemir, M., 2004, Geçmişte ve Günümüzde El Sanatları Çerçevesinde Üretilen Deri Ürünleri Üzerinde Bir Araştırma, Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ev Ekonomisi Anabilim Dalı.
16. Odabaşı, E., Özdemir, M., 2018, Deri Yüzey Süslemede Kullanılan Dival İş Tekniği ile Yapılmış Bazı Deri Ürünler, Vocational Education (nwsave), 2-0061, 13(3): 32-51.
17. Özdemir, M., 2007, Türk kültüründe dericilik sanatı. Gazi üniversitesi endüstriyel sanatlar eğitim fakültesi dergisi. Sayı:20.
18. Özdemir, M., Odabaşı, E., Eken, Y., 2018, Deri Yüzey Süslemede Kullanılan Aplike Tekniği, idil, cilt / volume 7, sayı/ issue 50, sf: 1207-1214, doi: 10.7816/idil-07-50-01.
19. Şatır, S., 2004, Ayakkabı ve Saraciye Sektörleriyle Üniversite-Endüstri İşbirliğinde Deneysel Tasarım Çalışmaları, sf: 573-579, 1. Ulusal Deri Sempozyumu, 7-8 Ekim, İzmir-Türkiye.
20. Toptaş, A., 1993, Deri Teknolojisi, Sade Ofset Matbacılık, Keresteciler Sitesi, Fatih cad. Kızılbaş sok., Sade Han, No:1 Kat:1, Merter/İstanbul.
21. [https://www.google.com/search?safe=off&tbm=isch&q=marble+leather&imgdii=5nvfkov1s\\_nuxm::5nvfkov1s\\_nuxm::k69mszz5msbo3m:&imgsrc=5nvfkov1s\\_nuxm:&cad=h#imgsrc=xthgojoph36ajm](https://www.google.com/search?safe=off&tbm=isch&q=marble+leather&imgdii=5nvfkov1s_nuxm::5nvfkov1s_nuxm::k69mszz5msbo3m:&imgsrc=5nvfkov1s_nuxm:&cad=h#imgsrc=xthgojoph36ajm)
22. <https://tr.pinterest.com/pin/738942251331596428/>
23. <https://www.the-saleroom.com/en-gb/auction-catalogues/staceys-auctioneers-and-valuers/catalogue-id-srsta10008/lot-dae58d55-bdd5-4d51-b0eb-a3fe00b3913, 2019>
24. [https://www.mytheresa.com/en-au/gucci-leather-sandals-935003.html?utm\\_source=affiliate&utm\\_medium=affiliate.cj.int&cjevent=4292a5262a0c11e98233016e-0a18050e](https://www.mytheresa.com/en-au/gucci-leather-sandals-935003.html?utm_source=affiliate&utm_medium=affiliate.cj.int&cjevent=4292a5262a0c11e98233016e-0a18050e)
25. [https://www.google.com/search?q=marbling++deri&safe=strict&source=lnms&tbm=isch&sa=x&ved=0ahukewj94qlbykngahvsiqqkhdfajauq\\_auidigb&biw=1440&bih=789#imgsrc=k69mszz5msbo3m](https://www.google.com/search?q=marbling++deri&safe=strict&source=lnms&tbm=isch&sa=x&ved=0ahukewj94qlbykngahvsiqqkhdfajauq_auidigb&biw=1440&bih=789#imgsrc=k69mszz5msbo3m)
26. <https://dekopano.com/kafes-deri-kapakli-orgu-sirt-cantasi/>
27. <https://www.pinterest.com/pin/91479436156406437/> 2019

28. <https://www.pinterest.com/pin/472174342166281798/>
29. <https://www.pinterest.com/pin/26458716536759114/visual-search/?x=16&y=16&w=530&h=671> 2019
30. <https://tr.pinterest.com/pin/157555686949638460/visual-search/?x=0&y=5&w=180&h=229>
31. <https://www.pinterest.com/pin/532761830890708168/>
32. <https://www.pinterest.com/pin/534943261964855821/visual-search/?x=16&y=16&w=530&h=671>
33. <https://www.pinterest.com/pin/237564949074354386/>
34. <https://www.pinterest.com/pin/495184921503229651/>
35. <https://www.pinterest.com/pin/838865868063154687/>
36. <https://www.pinterest.com/pin/238268636518647344/>
37. <https://www.pinterest.com/pin/487796203362818106/>
38. <https://www.pinterest.com/pin/131519251591126679/>
39. <https://www.pinterest.com/pin/339951471857779661/visual-search/?x=16&y=16&w=530&h=548>
40. <https://www.pinterest.com/pin/89227636337739277/>
41. <https://www.pinterest.com/pin/759489924636607642/visual-search/?x=16&y=11&w=530&h=35>, 2019
42. <https://www.pinterest.com/pin/443675000762572364/visual-search/?x=16&y=16&w=530&h=671>
43. <https://www.pinterest.com/pin/494551602806862258/> 2019
44. <https://www.pinterest.com/pin/492651646734643570/visual-search/?x=11&y=14&w=476&h=535> 2019



# Bitlis Yöresine Ait Polen ve Propolislerin Bazı Patojen Bakteriler Üzerindeki Antimikrobiyal Aktiviteleri

**Yusuf DAYAN<sup>1</sup>**

**Seda OĞUR<sup>2</sup>**

## CHAPTER 9

<sup>1</sup> Bitlis Eren Üniversitesi, Sağlık Yüksekokulu, Beslenme ve Diyetetik Bölümü

<sup>2</sup> Bitlis Eren Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü



# 1. GİRİŞ

## 1.1. Apiterapi

Bal arısı'nın ürünlerinin değişik oran ve bileşimlerle hazırlanarak insan hastalıklarının tedavisinde ilaç olarak kullanılmasına tıp dilinde "Apiterapi" adı verilmektedir. Çin başta olmak üzere bazı Doğu Avrupa ülkelerinde, hastalıkları sadece arı ürünleriyle tedavi eden Apiterapi merkezleri bulunmaktadır.

Apiterapi, Sağlık Bakanlığı'nın Geleneksel ve Tamamlayıcı Tıp Uygulamaları Yönetmeliği ile Türkiye'de resmi olarak uygulanabilecek geleneksel ve tamamlayıcı tıp uygulamaları arasında yer almaktadır. Bu yönetmelikte; bal, polen, propolis ve arı sütünün oral ve topikal şekilde ve sekonder immün yetmezliklerde immün sistemi destekleyici olarak uygulanabileceği belirtilmektedir (SB, 2014). Ülkemizdeki araştırmacıların yapmış olduğu birçok yayında apiterapinin potansiyel yararından söz edilmekte, ancak bu konudaki bilimsel araştırmaların henüz olması gerektiği kadar kapsamlı ve yeterli şekilde yapılmadığı görülmektedir (Öztürk ve Selçuk, 2016).

## 1.2. Polen

Polen bal arısının dişi olmayan çiçeklerden topladığı tozdur. Polenin %55'i karbonhidrat, %35'i protein (enzim, koenzim, doğal hormon, 22 çeşit aminoasit), %3'ü vitamin ve mineral (27 çeşit madensel tuz, yüksek oranda B vitamini, askorbik asit, betakaroten, selenyum, likopen, E ve C vitaminleri, flavonoid,), %2'si yağ asitidir (araşidonik asit, pentatonik asit ve linoleik asit) (Öztürk, 2012).

Yapılan bir çalışmada, ticari antibiyotiklere karşı direnç geliştiren bakterilerin sayısı arttığı için polenin yeni bir antimikrobiyal ajan olarak potansiyel bir kaynak olabileceği belirtilmiştir. Yine aynı çalışmada polene karşı Gram (+) bakterilerin Gram (-) bakterilere göre daha hassas olduğu ortaya konmuştur (Morais ve diğ., 2011).

Tichy ve Novak (2007) polende doğası bilinmeyen hidrofobik bileşiklerin *Streptococcus viridansına* karşı antibakteriyal aktiviteye sahip olduklarını kanıtlamışlardır.

Türk polen ekstraktının bitkilerde 13 farklı tür bakteri patojenine karşı antibakteriyal etkisinin incelendiği araştırmada tüm patojenlere karşı inhibitör etkili olduğu saptanmıştır (Basim ve diğ., 2006).

## 1.3. Propolis

Propolis çeşitli bitkilerin tomurcuk, yaprak ve gövdesinden üretilen reçinemsi özellikteki bir üründür (Öztürk, 2012). Arılar tarafından kovadaki çatlak ve yarıkların kapatılmasında, kovanın dezenfekte edilmesinde kullanılmaktadır (Ali ve diğ., 1991). Bileşimi toplandığı bitkilerin tür ve çeşitlerine göre değişmektedir. 1996 yılına kadar 180 farklı bileşen izole edilmiştir (Krell, 1996).

Propolisin antioksidan, antimikrobiyal, rejeneratif, antiinflamatuvar, immunmodülatör, antikarsinogenik ve antimutajenik etkilerinin olduğu kaydedilmiştir (Öztürk, 2012). Özellikle 11. yüzyılda İbn-i Sina tarafından, 15. yüzyılda Roma İmparatorluğu'nda, 18. ve 19. yüzyıllarda Fransa'da, 2. Dünya Savaşı ve Anglo Boer Savaşı esnasında yaraları iyileştirmek için kullanılmıştır (Hegazi, 2000).

Propolis ekstraktında bulunan pinobanksin-3 asetat (flavonoid), pinosemprin, galangin, benzil p-kumarat ve kafeik asitin antimikrobiyal aktivitesinin olduğu tespit edilmiştir (Starzyk ve diğ., 1977).

Propolisin %13'lük aköz ekstraktının in vitro şartlarda üst solunum yolu enfeksiyonuna sebep olan ajanlara karşı bakterisidal etkisinin olduğu saptanmıştır. İlacın minimum inhibitör konsantrasyon değerini azalttığı, besiyerinde antibiyotiklerin etki sürelerini

uzatarak ve etkisini arttırarak sinerjistik etki gösterdiği tespit edilmiştir (Krol ve diğ., 1993).

Antibakteriyal etkinin ortaya çıkmasını sağlayan maddelerin en önemlisi kafeatlar ve kafeik asittir. Kafeatin immünomodülatör etki oluşturarak Gram (+) infeksiyonlara karşı profilaktik olarak etkili olduğu da kaydedilmiştir (Bankova ve diğ., 1992).

Propolisin hücre duvarı, sitoplazma ve sitoplazmik membranı düzensizleştirdiği, hücre bölünmesini önleyerek bakteri oluşumuna engel olduğu, protein sentezine engel olduğu ve kısmen bakterilerin kırımına neden olduğu bildirilmiştir (Takasi ve diğ., 1994).

Etanolik propolis ekstraktlarının anaerobik bakterilere karşı da antibakteriyal etkisinin olduğu saptanmıştır. Bu ekstraktların *Bacteroides* türlerine ve *Peptostreptococcus*'a karşı en yüksek antibakteriyal etkinliği gösterdiği ve *Eubacterium*, *Propionibacterium* ve *Arachinia*'nın Gram (+) rodlarına karşı kısmen daha az etkili olduğu belirlenmiştir (Kedzia, 1986).

Başka bir çalışmada, propolis ekstraktlarına karşı 75 bakteri suşunun hassas olduğu tespit edilmiştir. Bu suşlardan 69 tanesi *Streptococcus* spp. ve *Staphylococcus* spp.'dir. aynı zamanda etanolik propolis ekstraktının *Streptococcus* sp (β hemolitik), *S. aureus*, *P. aeruginosa*, *E. coli* ve *S. epidermidis* ve gibi Gram (+) bakterilere karşı belirgin bir antimikrobiyal etkisinin olduğu belirtilmiştir (Marucci, 1995).

Ferreira ve diğ. (2007); propolisin etanol ekstraktının *Prevotella nigrescens*, *Fusobacterium nucleatum*, *Actinomyces israelii* ve *Clostridium perfringens* gibi anaerobik bakteriler ve *E. faecalis* üzerine antibakteriyal etkinliğini araştırmış ve propolis çözeltisinin tüm mikroorganizmalar üzerine etkili olduğunu rapor etmişlerdir.

Arı ürünlerinin her birinin birbirinden farklı üstünlükleri bulunmaktadır. Propolis fenolik bileşiklerce en zengin arı ürünü olduğundan antioksidan aktivitesi de yüksektir. Polen ise enzimler, protein, mineral maddeler ve vitamin açısından oldukça zengindir. Bu ürünlerin kompozisyonu; çevresel iklim ve mevsim koşullarına, coğrafi ve bitkisel orjine, kolonisi durumuna ve hasat zamanına bağlı olarak değişiklik göstermektedir (Boyacıoğlu, 2012).

#### 1.4. Bitlis Arı Ürünleri ile İlgili Önceki Çalışmalar ve Bizim Çalışmamızın Farkı

Endemik bitkilerden ve zengin floradan elde edilen Bitlis arı ürünleri Türkiye'deki en kaliteli ürünler arasında kabul edilmektedir. Zirai ilaçlamanın az olması ve sanayi işletmelerinin bulunmaması Bitlis'i arıcılık için önemli bir alan haline getirmiştir. Bitlis'te organik bal ve arı ürünleri üretim sahaları da bulunmaktadır. Bölgede gezginci arıcılık da yapılabildiğinden farklı flora takibi sebebiyle bal ve diğer arı ürünlerinin kalitesi ve verimi sabit arıcılığa göre daha fazladır (Çağlıyan, 2015).

Literatürde, Muş ve Bitlis yöresine ait bal ve propolis örneklerinin *Klebsiella pneumoniae* 13883, *Echerichia coli* ATCC 8739, *Pseudomonas aeruginosa* 9027, *Staphylococcus aureus* 6538, *Bacillus megaterium* DSM 32 ve *Enterococcus faecalis* ATCC 29212 bakterileri üzerine antimikrobiyal aktivitelerinin tespit edildiği bir çalışma bulunmaktadır. Ancak bu çalışmada Bitlis yöresine ait polen örnekleri ile çalışmadığı, her örneğe farklı bir numara verildiği, ancak hangi numaralı örneğin hangi ile ait olduğunun belirtilmemesinin Bitlis'e ait örneklerin antimikrobiyal aktivitesinin tam olarak anlaşılmamasına sebep olduğu görülmektedir (Alan ve diğ., 2014).

Bizim çalışmamız sadece Bitlis'e ait polen ve propolisler ile yürütülmüş ve bahsedilen çalışmadan farklı olarak *Enterococcus faecalis* ATCC 29212 suşunun yanı sıra, *Escherichia coli* ATCC 25922, *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853, *Staphylococcus aureus* ATCC 29213, *Listeria monocytogenes* ATCC 7644, *Streptococcus pyogenes* ATCC 19615, *Salmo-*

nella Enteritidis ATCC 13076 ve *Bacillus cereus* ATCC 11778 saf kültürleri ile de çalışılmıştır.

Ayrıca elde edilen bulgular istatistiksel olarak da değerlendirilerek, her bir mikroorganizma suşu üzerinde polen ve propolis numunelerinin gösterdiği antimikrobiyal aktivite arasındaki farkın ve her bir polen ve her bir propolis numunesinin mikroorganizma suşları üzerinde gösterdikleri antimikrobiyal aktivite arasındaki farkın anlamlı olup olmadığı satır ve sütun karşılaştırmaları yapılarak ortaya konmuştur.

## 2. ANTİMİKROBİYAL AKTİVİTE TESTLERİNDE KULLANILAN MİKROORGANİZMALAR VE ÖZELLİKLERİ

### 2.1. *Escherichia coli*

*İnsan ve sıcakkanlı hayvanların bağırsaklarında normal olarak yaşayan fekal tip koliform bakteridir. Fakültatif anaerob bir organizmadır. Memeli hayvanların bağırsaklarında büyümeye adapte olduğundan en iyi vücut sıcaklığında çoğalmaktadır. E. coli bağırsakta bulunan diğer bakterilere göre sayısal olarak daha az olduğundan normalde hastalık yapmaz. Ancak herhangi bir nedenle başka dokulara geçme olanağı bulursa idrar yolu enfeksiyonları, menenjit, mastit (meme dokusu iltihabı) ve sepsisemiye (mikropların kana karışması ve burada kendilerine uygun bir ortam bularak vücuda dağılması sonucu ortaya çıkan durum) neden olabilmektedir. E. coli, antibiyotiklere direnç gösteren  $\beta$  laktamaz enzimi üretir. Ampisilin, tetrasiklin, kloramfenikol, sefalosporin ve amigoglikozidler E. coli'ye karşı değişik şekillerde etki göstermektedir (Bilgehan, 2000; Hasenekoğlu ve Yeşilyurt, 2002).*

### 2.2. *Listeria monocytogenes*

*Gram (+), fakültatif anaerob, spor oluşturmeyen kapsülsüz bir bakteridir. Optimum gelişme sıcaklığı genellikle 35-37 °C olup, suşlar 1-45 °C gibi geniş bir sıcaklık aralığında da gelişme gösterebilmektedir (Juntilla ve diğ., 1988; Norrung, 2000). L. monocytogenes doğada çok yaygın olup insan ve hayvan dışkı, su, lağım suyu, silaj, mezbaha atıkları, mastitisli (meme iltihabı) ve sağlıklı ineklerin sütlerinde de bulunabilmektedir (Farber ve Peterkin, 1991). L. monocytogenes'in çevreye yayılmasının enfekte olmuş hayvandan, yeşil yemlerin ve toprağın kontaminasyonu, buradan da süt ve et hayvanlarına tekrar geçmesi şeklinde bir döngü içerisinde olduğu belirtilmektedir. Böylece kontamine et, süt, meyve ve sebzeden insanlara geçişi gerçekleşmektedir (Roche ve diğ., 2009; Arda ve diğ., 1999). İnsanlarda menenjit, sepsisemi, konjunktivit (göz kapaklarını ve göz küresini kaplayan şeffaf dış tabakanın iltihabı), kan tablosunda monositoza (kanda bulunan monositlerin sayıca artışı), mukoza ve deri lokalizasyonlarına sebep olmaktadır. Düşük miktarda L. monocytogenes ile kontamine olmuş gıdanın tüketimi sağlıklı yetişkinlerde herhangi bir klinik belirtiyeye yol açmaz iken; bebek, çocuk, hamile, yaşlı, hastalık ve sürekli ilaç kullanımı sebebiyle bağışıklık sistemi bozulmuş kişilerin bu bakteriye karşı daha hassas olduğu belirtilmektedir (Goulet ve diğ., 2006). Ampisilin tek başına L. monocytogenes'e etkili olsa da tedavide daha çok ampisilin ve aminoglikozid kombinasyonu tercih edilmektedir (Çoban, 1989).*

### 2.3. *Pseudomonas aeruginosa*

*Hareketli, Gram (-), kapsülsüz, spor oluşturmeyen aerob bir bakteridir. Optimum 37 °C'de gelişmektedir. İnsan ve hayvan bağırsağında bulunmaktadır. Fırsatçı bir patojendir. İdrar yolu, göz, dış kulak, orta kulak, yanık ve yara enfeksiyonları, menenjit, bronşit (bronşların iltihaplanması), sepsisemi, osteomyelit (kemik iliği iltihabı) ve kolit gibi hastalıklardan izole edilebilmektedir (Frobisher, 1968; Tortora ve diğ., 1992). P. aeruginosa'nın yeni doğan çocukların ölümüyle sonuçlanan epidemik ishale neden olduğu bildirilmektedir. Hastane çevrelerinde özellikle immun sistemi zayıflamış hastalarda ishale neden olarak yaşamı tehdit edebilmektedir. P. aeruginosa enfeksiyonlarında gentamisin etkili şekilde kullanılan bir antibiyotiktir (Bilgehan, 2000; Hasenekoğlu ve Yeşilyurt, 2002).*

## 2.4. Staphylococcus aureus

Gram (+), spor oluşturmayan, hareketsiz, kok formunda, fakültatif anaerob bir bakteridir. Optimum 37 °C'de gelişmektedir. Doğal olarak en fazla burun ve boğaz boşluğunda, insan ve hayvan dışkılarında, ciltte apseleri yaralarda ve sivilcelerde bulunmaktadır. Gıdalarda ve gıda işletmelerinde, elle gıda hazırlayanlarda, hastane personeli ve hastane ortamlarında da yaygın olarak rastlanmaktadır. Gıdalarda geliştiğinde enterotoksinler üreterek besin zehirlenmelerine neden olmaktadır. Bunun yanı sıra sepsisler, zatürre, osteomiyelit ve artritis (kemik ve eklem iltihabı) gibi sistem ve organ enfeksiyonlarına da sebep olmaktadır. Kullanılmakta olan antibiyotiklere karşı hızla direnç kazanmaları sebebiyle günümüzde gerek hastanelerde gerekse toplum kökenli enfeksiyonlarda önemli rol oynamaktadır (Jeffrey ve Echazarreta, 1996; Öncül ve diğ., 2002; Pasavento ve diğ., 2007).

## 2.5. Enterococcus faecalis

Eski adıyla D grubu streptokok sisteminin bir parçası olarak sınıflandırılmış, insan ve diğer memelilerin gastrointestinal yollarına yerleşen bir Gram (+), komensal bakteridir. Enterokok cinsi içindeki *E. faecalis* diğer türler gibi, insanlarda hayatı tehdit eden özellikle hastane kökenli enfeksiyonlara yol açabilmektedir. *E. faecalis*'te antibiyotik direnci doğal olarak yüksek seviyede bulunmakta, bu durum onun patojenitesini arttırmaktadır (Ryan ve Ray, 2004). *E. faecalis* insanlarda endokardit ve sepsisme, idrar yolu enfeksiyonlarına, menenjitte ve diğer enfeksiyonlara neden olabilmektedir (Murray, 1990; Hidron ve diğ., 2008).

## 2.6. Streptococcus pyogenes

Grup A Streptokoklar veya diğer adıyla *Streptococcus pyogenes* insanlarda en sık görülen ve basit enfeksiyondan ölümcül enfeksiyona kadar değişen geniş bir yelpazede hastalıklardan sorumlu olan patojen mikroorganizmalardır (Kara ve diğ., 2011). Bu bakteriler aerobik ve ekstrasellüler bakteridir. Hareket etmeyen, sporsuz koklardan oluşmaktadır. Diğer streptokoklarda olduğu gibi, insan hastalıklarında klinik olarak önemlidir. Streptokoklar katalaz (-) ve Gram (+)'tirler. *S. pyogenes*, hafif yüzeysel deri enfeksiyonlarından hayatı tehdit edici sistemik hastalıklara kadar birçok önemli insan hastalıklarının nedenidir. Neden olduğu enfeksiyonlar, *S. pyogenes*'in bazı suşları için bakteriyel toksinlerin serbest bırakılması ile ilişkilendirilebilmektedir. Boğaz enfeksiyonları bağlantılı bazı toksinlerin serbest bırakılması ile scarlet fever'a yol açabilmektedir (Ryan ve Ray, 2004). Bu mikroorganizmalar, akut romatizmal ateş solunum yolu enfeksiyonu, deri ve yumuşak doku enfeksiyonu ve toksik şok benzeri sendroma neden olabilmektedir. Penisilinler *S. pyogenes* enfeksiyonu tedavisinde 1950'den itibaren, ilk tercih standart tedavi oluşturmakla birlikte bu enfeksiyonların tedavisinde makrolidlerin kullanımı gün geçtikçe artış göstermektedir. Ancak tüm dünya genelinde, toplumda görülen makrolid kullanımında artış ile birlikte *Streptococcus pyogenes*'te gözlenen makrolid direnci önemli bir sorun oluşturmaktadır (Kara ve diğ., 2011).

## 2.7. Bacillus cereus

*Bacillaceae* familyasından, endospor oluşturan, hareketli, yaklaşık 5 mikron uzunluğunda 1.2-1.5 mikron çapında, fakültatif aerob, Gram (+), basildir. Bitki ve toprak örtüsü üzerinde yaygın şekilde bulunmaktadır. *B. cereus*'un virulans faktörleri arasında proteaz, nekrotizan ekzotoksin, hemolizin, emetik toksin, ve lesitinaz gibi enzimler yer almaktadır (Mengeloğlu ve diğ., 2011). *Bacillus cereus* enfeksiyonları bağırsak sistemiyle ilgili olmayan enfeksiyonlar ve bağırsak sistemi enfeksiyonları olmak üzere ikiye ayrılmaktadır (Marley ve Saini, 1995). Neden olduğu enfeksiyöz hastalıklar arasında en sık diareli ve emetik olarak iki farklı tipte ortaya çıkan gıda zehirlenmesi görülmektedir. Ayrıca panoftalmit, posttravmatik endoftalmit ve keratit gibi göz enfeksiyonları; sepsis, cilt, yanık ve yara en-

feksiyonları, bakteriyemi menenjit, endokardit ve alt solunum yolu enfeksiyonlarına neden olabilmektedir (Mengeloğlu ve diğ., 2011).

## 2.8. Salmonella Enteritidis

*Salmonella*'lar ve enfeksiyonları tüm dünyada yaygındır. *Salmonella* enfeksiyonlarının genellikle primer olarak gastrointestinal sistemi etkilediği kabul edilse de vücudun diğer bölgelerinde de bu bakteriye bağlı enfeksiyonlar oluşabilmektedir (Cohen ve diğ., 1987). Gastroenterit, bakteriyemi, septik artrit, osteomyelit, kolesistit, endokardit, menenjit gibi fokal enfeksiyonlar ve taşıyıcılık salmonellozisin klinik formları arasında sayılabilmektedir (Koneman ve diğ., 1992). Non-tifoidal *Salmonella* enfeksiyonları tüm dünyada artmaktadır. Bu bakteriler yiyecek kaynaklı önemli patojenlerdir (Acheson ve Hohmann, 2001). Türkiye'de *Salmonella* enfeksiyonlarında insan klinik örneklerinde en sık (%64.89) izole edilen serotip *Salmonella* Enteritidis'tir (Erdem, 2001). Bu bakteriler özellikle immün sistemi baskılanmış kişilerde problem teşkil etmektedirler. Endovasküler enfeksiyon, kemik veya derin organ apseleri tedavisi zor durumlar olarak karşılaşılabilecek komplikasyonlardır (Acheson ve Hohmann, 2001).

## 3. MATERYAL VE METOT

### 3.1. Mikroorganizmaların ve Besiyerlerinin Temini

Bitlis yöresine ait polen ve propolislerin antimikrobiyal etkisini ortaya koymak amacıyla kullanılacak suşlar ATCC (American Type Culture Collection-Amerikan Tıp Kültür Koleksiyonu)'den elde edilmiştir. *Escherichia coli* ATCC 25922, *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853, *Staphylococcus aureus* ATCC 29213, *Enterococcus faecalis* ATCC 29212, *Listeria monocytogenes* ATCC 7644, *Streptococcus pyogenes* ATCC 19615, *Salmonella* Enteritidis ATCC 13076 ve *Bacillus cereus* ATCC 11778 suşları ile çalışılmış ve bu suşlar ve gerekli olan besiyerleri (Nutrient Broth ve Müeller Hinton Agar) medikal bir firmadan temin edilmiştir.

### 3.2. Propolis ve Polen Numunelerinin Temini

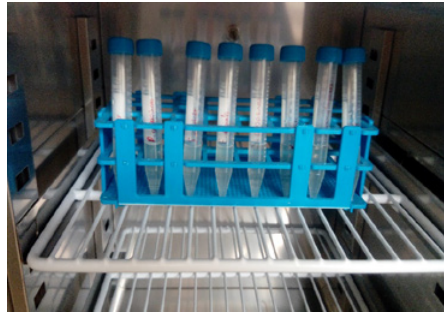
Bitlis'in arı ürünleri yetiştiriciliğinin yoğun olarak yapıldığı Merkez, Hizan ve Mutki ilçelerindeki kayıtlı arı ürünleri üreticisi olan bir üreticiden 1 adet polen ve 1 adet propolis numunesi temin edilmiştir. Böylece toplamda 3 adet polen ve 3 adet propolis örneği elde edilmiştir. Numuneler steril kavanozlara alınarak laboratuvara getirilmiş, antimikrobiyal aktivite çalışmaları yapılncaya kadar  $2\pm 2$  °C'de saklanmıştır.

### 3.4. Mikroorganizma Suşlarının Canlandırılması ve Ayarlanması

Swab olarak gelen,  $2\pm 2$  °C'de muhafaza edilen ATCC kodlu mikroorganizma suşları içerisinde 5 ml Nutrient Broth bununan tüplere sürülerek aşılansmış ve 37 °C'de 24 saat inkübe edilerek canlanmaları sağlanmıştır. Kullanılacak olan mikroorganizma suşlarının yoğunluğunun standart olması gerektiği için Nutrient Broth'ta canlandırılan mikroorganizma suşları içerisinde 5 ml %0,85 lik steril fizyolojik tuzlu su bulunan tüplere öze ile (3 öze dolusu) alınarak aşılansmış ve McFarland Standardı kullanılarak 0,5 McFarland'a ayarlanmıştır (Collins ve Lyne, 1985).



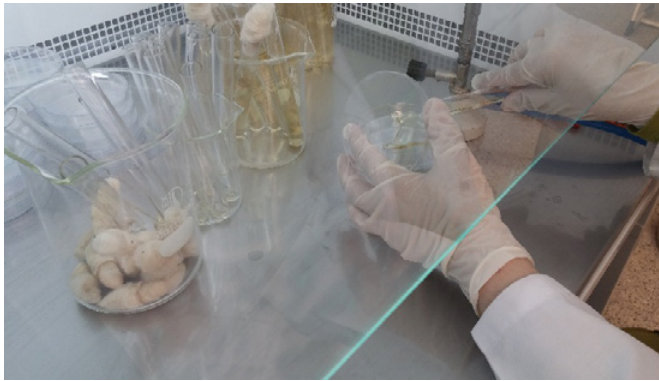
### Resim 3.1. Mikroorganizma Suşları



### Resim 3.2. Suşların Canlandırılması

### 3.5. Besiyerinin Hazırlanması ve Mikroorganizma Suşlarının İnokulasyonu

Deney tüplerinde sterilize edilen ve 45-50 °C'ye kadar soğutulan Müeller Hinton Agar 9 cm çapındaki steril petri kutularına 15'er ml dökülmüştür. İyice soğuduktan sonra, ayarlanmış mikroorganizma suşlarından Kirby Bauer disk difüzyon yöntemine göre steril swaba besiyeri (Mueller Hinton Agar) üzerine sürülmesi ve petrilerin üzerine asılan mikroorganizmanın ismi yazılmıştır (Anonymous, 1999).



### Resim 3.3. Besiyerinin Petrilere Dökümü

### 3.6. Polen ve Propolis Ekstraktlarının Hazırlanması

Polen ve propolislerinin antimikrobiyal aktivitelerinin belirlenebilmesi için öncelikle bir çözücü yardımıyla ekstraktları elde edilmiştir. Bu amaçla polen ve propolis örneklerinden 30 g tartılmış ve 300 ml %95'lik etil alkol ilave edilerek 37 °C'de 4 gün bekletilmiştir. Örnekler ara ara elle çalkalanarak iyice homojen hale gelmeleri sağlanmıştır. Etanolik ekstraktlar, kaba filtre kağıdından süzülükten sonra Rotary evaporatörde etanol buharlaştırılarak tamamen konsantre edilmiştir. Rezidüler hermetik olarak kapatılmış ve kullanılıncaya kadar 2±2 °C'de tutulmuştur (Lindenfelser, 1967).





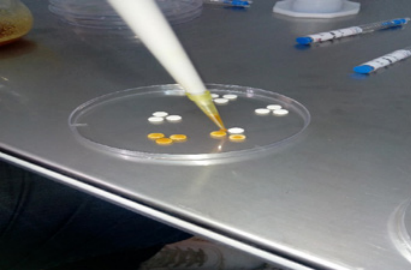
Resim 3.4. Ekstraktların Elde Edilmesi



Resim 3.5. Propolis Ekstraktları

### 3.7. Disk Difüzyon Yöntemiyle Antimikrobiyal Aktivitenin Belirlenmesi

Polen ve propolis ekstraktlarından mikropipet ile 6 mm çapındaki steril boş antibiyotik disklerle %100 ve %50'lik konsantratlarından 25 µL emdirilmiştir. Polen ve propolis ekstraktı emdirilmiş diskler, hafifçe bastırılarak bakteri inoküle edilen besiyerleri üzerine uygun aralıklarla yerleştirilmiş ve petri kutuları 37 °C de 24 saat süre ile inkübe edilmiştir. Polen ve propolis diskinin hazırlanışında çözücü olarak yararlanılan, 25 µL saf etil alkol (EA) emdirilmiş diskler kontrol olarak kullanılmıştır (Basim ve diğ., 2006). İnkübasyon sonunda ortaya çıkan inhibisyon zonu çapları cetvelle mm cinsinden ölçülmüştür. Yöntem 2 kez tekrar edilerek ve 2 paralelli çalışılarak nihai sonuçlar elde edilmiştir.



Resim 3.6. Ekstraktların Emdirilmesi



Resim 3.7. Disklerin Yerleştirilmesi

### 3.8. İstatistiksel Analizler

Belirlenen inhibisyon zonu çapları ortalama±standart sapma (mm) şeklinde ifade edilmiştir. Her bir arı ürünü örneğine ve her bir bakteri suşuna göre inhibisyon zonu çapları arasındaki farklar tek yönlü varyans analizi ile test edilmiştir.

## 4. BULGULAR VE TARTIŞMA

### 4.1. Polen ve Propolislerin *B. cereus*, *E. coli*, *E. faecalis* ve *L. monocytogenes* Üzerindeki Antimikrobiyal Aktivitileri

Disk difüzyon yönteminin uygulanmasıyla tespit edilen, polen ve propolis numunelerinin *B. cereus*, *E. coli*, *E. faecalis* ve *L. monocytogenes* üzerindeki antimikrobiyal aktivitelerini gösteren inhibisyon zonu ortalamaları Tablo 4.1'de verilmiştir.

| Numune | Konsantrasyon | Mikroorganizma - İnhibisyon Zonu (Ortalama±Standart sapma, mm) |                           |                            |                            |
|--------|---------------|----------------------------------------------------------------|---------------------------|----------------------------|----------------------------|
|        |               | <i>B. cereus</i>                                               | <i>E. coli</i>            | <i>E. faecalis</i>         | <i>L. monocytogenes</i>    |
| PL1    | %100          | -                                                              | 9,0±0,00 <sup>ABac</sup>  | 9,5±0,55 <sup>Aa</sup>     | 10,0±0,00 <sup>ADac</sup>  |
|        | %50           | -                                                              | -                         | -                          | -                          |
| PL2    | %100          | -                                                              | 10,5±0,55 <sup>Aa</sup>   | -                          | -                          |
|        | %50           | -                                                              | -                         | -                          | -                          |
| PL3    | %100          | -                                                              | 10,0±0,00 <sup>ABa</sup>  | 13,5±0,55 <sup>BCb</sup>   | -                          |
|        | %50           | -                                                              | -                         | -                          | -                          |
| PR1    | %100          | -                                                              | 10,0±1,10 <sup>ABa</sup>  | 14,5±1,64 <sup>ABCDb</sup> | 14,0±1,10 <sup>ABCDb</sup> |
|        | %50           | -                                                              | -                         | 12,0±2,19 <sup>ABCDa</sup> | 13,5±0,55 <sup>Ba</sup>    |
| PR2    | %100          | -                                                              | 8,0±0,00 <sup>Ba</sup>    | 14,5±0,55 <sup>CDb</sup>   | 15,5±0,55 <sup>Cb</sup>    |
|        | %50           | -                                                              | 7,0±0,00 <sup>Ba</sup>    | 11,0±1,10 <sup>ABb</sup>   | 14,0±1,10 <sup>ABCDc</sup> |
| PR3    | %100          | -                                                              | -                         | 17,0±1,10 <sup>Da</sup>    | 11,5±0,55 <sup>Db</sup>    |
|        | %50           | -                                                              | -                         | 14,0±1,10 <sup>BCDEa</sup> | 11,0±0,00 <sup>ADb</sup>   |
| EA     | %100          | -                                                              | 8,3±1,37 <sup>ABacd</sup> | 10,0±0,00 <sup>AEac</sup>  | 17,3±2,25 <sup>ABCDb</sup> |

\*Büyük harfler aynı sütundaki satırlar arasındaki farkı, küçük harfler aynı satırdaki sütunlar arasındaki farkı belirtmektedir.

Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark anlamsızdır ( $p>0,05$ ). (-): İnhibisyon zonu tespit edilmemiştir.

**Tablo 4.1.** Polen ve Propolislerin *B. cereus*, *E. coli*, *E. faecalis* ve *L. monocytogenes* Üzerindeki Antimikrobiyal Aktiviteleri

Polen ve propolislerin hiçbirisi *B. cereus* üzerinde antimikrobiyal aktivite göstermezken; antimikrobiyal etkinin en fazla görüldüğü numune Mutki İlçesine ait propolis numunesi (PR3, %100) olmuştur. Bu numunenin *E. faecalis*'in gelişmesini 17,0±1,10 mm'lik inhibisyon zonuyla inhibe ettiği görülmüştür. *E. faecalis* üzerinde ikinci sırada en etkili olan numuneler Bitlis Merkez İlçesi Dere Mevkiinden alınan propolis numunesi (PR1, %100) ve Hizan İlçesine ait propolis numunesi (PR2, %100) olmuştur. Bu numuneler *E. faecalis*'in gelişmesini 14,5±1,64 mm'lik ve 14,5±0,55 mm'lik inhibisyon zonuyla inhibe etmiştir. Aynı propolis numunelerinin, sırasıyla 14,0±1,10 mm ve 14,0±1,10 mm'lik inhibisyon zonlarıyla *L. monocytogenes* üzerinde de etkili olduğu belirlenmiştir. Ancak, *L. monocytogenes* üzerinde en iyi antimikrobiyal etkiyi (15,5±0,55 mm'lik inhibisyon zonu) gösteren numune Hizan İlçesine ait propolis numunesi (PR2, %100) olmuştur. *E. coli* üzerinde en iyi antimikrobiyal aktiviteyi (10,5±0,55 mm'lik inhibisyon zonu) gösteren numune Hizan ilçesine ait polen numunesi (PL2, %100) iken; *E. faecalis* ve *L. monocytogenes* üzerinde herhangi bir antimikrobiyal aktiviteye sahip olmadığı tespit edilmiştir. Mutki ilçesine ait polen numunesinin (PL3) %100'lük konsantrantı bile *L. monocytogenes* üzerinde antimikrobiyal etki göstermemiştir. Ancak tüm propolis numunelerinin %50'lik konsantratlarının dahi, *E. faecalis* ve *L. monocytogenes* üzerinde antimikrobiyal etkisinin olduğu saptanmıştır (Tablo 4.1).

PL1 ve PL3 numunelerinin *E. faecalis* üzerinde gösterdiği antimikrobiyal aktivite arasındaki farkın, PR2 ve PR3'ün *L. monocytogenes* üzerinde gösterdikleri antimikrobiyal aktivite arasındaki farkın ve PR2'nin %100'lük ve %50'lik konsantratlarının *E. faecalis* üzerinde gösterdiği antimikrobiyal aktivite arasındaki farkın anlamlı ( $p<0,05$ ) olduğu bulunmuştur. PL1 numunesinin *E. coli*, *E. faecalis* ve *L. monocytogenes* üzerinde gösterdiği antimikrobiyal aktiviteler arasındaki farkın, hem PR1 ve hem de PR2'nin *E. faecalis* ve *L. monocytogenes* üzerinde gösterdikleri antimikrobiyal aktiviteleri arasındaki farkın anlamlı olmadığı ( $p>0,05$ ) belirlenmiştir. Ancak, PR2'nin %50'lik konsantrantının *E. faecalis* ve *L. monocytogenes* üzerinde gösterdiği antimikrobiyal aktivite arasındaki farkın ve PR3'ün hem %100'lük hem de %50'lik konsantratlarının aynı mikroorganizmalar üzerinde gösterdikleri

antimikrobiyal aktiviteleri arasındaki farkın anlamlı ( $p<0,05$ ) olduğu saptanmıştır (Tablo 4.1).

Gurama Ogbu ve diğ. (2018) disk difüzyon yöntemine göre, disklere 100 µL emdirdikleri polen ve propolis numunelerinin etanolik ekstraktlarının Gram (+) ve Gram (-) patojen bakteriler üzerindeki antimikrobiyal etkisini incelemişlerdir. *E. coli*'nin gelişmesini polen ekstraktlarının 10,7±0,30 mm inhibisyon zonasıyla, propolis ekstraktlarının 6,7±0,30 mm inhibisyon zonasıyla inhibe ettiğini belirlemişlerdir.

Kacaniová ve diğ. (2012) Slovakya'nın orta kesimindeki 2 farklı bölgede 20 farklı arı ürünü yetiştiricisinden elde ettikleri polen ve propolis numunelerini karıştırarak bir tek polen ve bir tek propolis numunesi elde etmişlerdir. Ekstraksiyon için %99,9'luk ve %70'lik metanol ve %96'lık ve %70'lik etanol kullanmışlardır. Beş farklı bakteri suşu (*Listeria monocytogenes* CC M 4699, *Pseudomonas aeruginosa* CC M 1960; *Staphylococcus aureus* CC M 3953; *Salmonella enterica* CC M 4420, *Escherichia coli* CC M 3988) üzerinde çalışmışlardır. Oyuk agar metoduna göre polen ve propolisin antimikrobiyal aktivitesini tespit ettikleri çalışmada, tuz solüsyonundaki 10<sup>7</sup> CFU/mL yoğunlukta olan 200 µL mikroorganizma süspansiyonunu agar plağı üzerine inoküle etmiş ve yüzeye yaymışlardır. 48 saatlik inkübasyondan sonra propolis ekstraktlarına karşı en hassas olan mikroorganizmanın *L. monocytogenes* olduğunu bulmuşlardır.

#### 4.2. Polen ve Propolislerin *S. aureus*, *S. Enteritidis*, *S. pyogenes* ve *P. aureginosa* Üzerindeki Antimikrobiyal Aktiviteleri

Disk difüzyon yönteminin uygulanmasıyla tespit edilen, polen ve propolis numunelerinin *S. aureus*, *S. Enteritidis*, *S. pyogenes* ve *P. aureginosa* üzerindeki antimikrobiyal aktivitelerini gösteren inhibisyon zonu ortalamaları Tablo 4.2'de verilmiştir.

| Numune | Konsantrasyon | Mikroorganizma - İnhibisyon Zonu (Ortalama±Standart sapma, mm) |                         |                    |                         |
|--------|---------------|----------------------------------------------------------------|-------------------------|--------------------|-------------------------|
|        |               | <i>S. aureus</i>                                               | <i>S. Enteritidis</i>   | <i>S. pyogenes</i> | <i>P. aureginosa</i>    |
| PL1    | %100          | 11,5±0,55 <sup>ADb</sup>                                       | 7,5±0,55 <sup>Ac</sup>  | -                  | 7,0±0,00 <sup>Ac</sup>  |
|        | %50           | 9,0±0,00 <sup>BCa</sup>                                        | -                       | -                  | -                       |
| PL2    | %100          | -                                                              | -                       | -                  | 7,5±0,55 <sup>Ab</sup>  |
|        | %50           | -                                                              | -                       | -                  | -                       |
| PL3    | %100          | 12,5±0,55 <sup>Db</sup>                                        | 7,5±0,55 <sup>Ac</sup>  | -                  | 8,5±0,55 <sup>Ac</sup>  |
|        | %50           | 9,5±0,55 <sup>Ba</sup>                                         | -                       | -                  | -                       |
| PR1    | %100          | 21,0±1,10 <sup>Ec</sup>                                        | 7,5±0,55 <sup>Ad</sup>  | -                  | 7,0±0,00 <sup>Ad</sup>  |
|        | %50           | 17,5±0,55 <sup>Eb</sup>                                        | 7,5±0,55 <sup>Ac</sup>  | -                  | -                       |
| PR2    | %100          | 17,5±0,55 <sup>Ed</sup>                                        | 7,5±0,55 <sup>Aa</sup>  | -                  | 7,0±0,00 <sup>Aa</sup>  |
|        | %50           | 15,5±0,55 <sup>Fb</sup>                                        | -                       | -                  | -                       |
| PR3    | %100          | 18,0±0,00 <sup>CEab</sup>                                      | 7,0±0,00 <sup>AcD</sup> | -                  | 7,5±0,55 <sup>Ac</sup>  |
|        | %50           | 17,5±0,55 <sup>Ec</sup>                                        | 7,0±0,00 <sup>Ab</sup>  | -                  | -                       |
| EA     | %100          | 9,7±0,52 <sup>ABae</sup>                                       | 7,0±0,00 <sup>AcD</sup> | -                  | 8,0±0,89 <sup>Ade</sup> |

\*Büyük harfler aynı sütundaki satırlar arasındaki farkı, küçük harfler aynı satırdaki sütunlar arasındaki farkı belirtmektedir.

Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark anlamsızdır ( $p>0,05$ ). (-): İnhibisyon zonu tespit edilmemiştir.

**Tablo 4.2.** Polen ve Propolislerin *B. cereus*, *E. coli*, *E. faecalis* ve *L. monocytogenes* Üzerindeki Antimikrobiyal Aktiviteleri

Polen ve propolis numunelerinin hiçbirisi *S. pyogenes* üzerinde antimikrobiyal aktivite göstermezken; antimikrobiyal etkinin en fazla görüldüğü numune Bitlis Merkez İlçesi Dere Mevkiine ait propolis numunesi (PR1, %100) olmuştur. Bu numunenin *S. aureus*'un gelişmesini  $21,0 \pm 1,10$  mm'lik inhibisyon zonasıyla inhibe ettiği görülmüştür. *S. aureus* üzerinde ikinci sırada en etkili olan numune Mutki İlçesine ait olan propolis numunesi (PR3, %100) olmuştur. Bu numune *S. aureus*'un gelişmesini  $18,00 \pm 0,00$  mm'lik inhibisyon zonasıyla inhibe etmiştir. PR1 ve PR3 numunelerinin %50'lik konsantratlarının dahi,  $17,5 \pm 0,55$  mm'lik inhibisyon zonlarıyla *S. aureus* üzerinde etkili olduğu belirlenmiştir. *S. Enteritidis* üzerinde en az antimikrobiyal aktiviteyi PR3 gösterirken; PR1 ve PR3'ün %100'lük ve %50'lik konsantratları aynı büyüklükte inhibisyon zonu (sırasıyla;  $7,5 \pm 0,55$  mm,  $7,0 \pm 0,00$  mm) oluşturmıştır. *P. aureginosa* üzerinde en iyi antimikrobiyal aktiviteyi  $8,5 \pm 0,55$  mm'lik inhibisyon zonasıyla PL3 numunesi göstermiştir. PL2 numunesinin *S. aureus*, *S. Enteritidis* üzerinde ve tüm numunelerin %50'lik konsantratlarının *P. aureginosa* üzerinde hiçbir antimikrobiyal aktivitesinin olmadığı saptanmıştır (Tablo 4.2).

PL1, PL3 ve PR2'nin %100'lük ve %50'lik konsantratlarının *S. aureus* üzerinde gösterdikleri antimikrobiyal aktiviteleri arasındaki farkın anlamlı ( $p < 0,05$ ) olduğu tespit edilmiştir. Ancak PR1 ve PR3'ün %100'lük ve %50'lik konsantratlarının *S. aureus* ve *S. Enteritidis* üzerindeki antimikrobiyal aktiviteleri arasındaki farkın anlamlı olmadığı ( $p > 0,05$ ) bulunmuştur. PL1, PL3, PR1, PR2 ve PR3 numunelerinin *S. Enteritidis* ve *P. aureginosa* üzerindeki antimikrobiyal aktiviteleri üzerindeki farkın anlamlı olmadığı ( $p > 0,05$ ) belirlenmiştir. PL2 dışındaki tüm numunelerin *S. aureus* üzerinde gösterdikleri antimikrobiyal aktiviteler ile *S. Enteritidis* ve *P. aureginosa* üzerinde gösterdikleri antimikrobiyal aktiviteler arasındaki farkın anlamlı ( $p < 0,05$ ) olduğu görülmüştür (Tablo 4.2).

Apaydın (2015) hazır çorbalarından izole ettiği *S. aureus* üzerine propolisin inhibisyon etkisini incelediği araştırmasında, farklı coğrafi bölgelerden elde edilen propolis örneklerine ait ekstraktların farklı antimikrobiyal etki gösterdiklerini tespit etmiştir.

Gurama Ogbu ve diğ. (2018) *S. aureus*'un gelişmesini polen ekstraktlarının  $8,8 \pm 0,20$  mm inhibisyon zonasıyla, propolis ekstraktlarının  $7,7 \pm 0,30$  mm inhibisyon zonasıyla inhibe ettiğini belirlemişlerdir.

Mărgăoan ve diğ. (2015) bir adet polen numunesini 3 farklı dilüsyonda (%60, %70, %80) hazırladıkları 2 farklı ekstraksiyon solventiyle (etanol ve metanol) ekstrakte etmişlerdir. Polen ekstraktlarının %5, %10 ve %15'lik konsantratlarını hazırlamışlardır. Disk difüzyon yöntemine göre 40 µL emdirdikdikleri diskleri 10 µL *Staphylococcus aureus* ATCC 6538 P inoküle ettikleri besiyeri üzerine yerleştirmişlerdir. Kullanılan ekstraksiyon solventine ve polen konsantrasyonuna göre inhibisyon zonları farklı oluşmuştur. %70'lik metanol ekstraktıyla ekstrakte edilen %15'lik polen konsantratı en büyük inhibisyon zonuna sahip olmuştur.

Kacániová ve diğ. (2012) 48 saatlik inkübasyondan sonra polenin %70'lik etanol ekstraktına karşı en hassas bakterinin *S. aureus* olduğunu saptamıştır.

Kumar ve diğ. (2008) Gujarat'tan topladıkları propolisin *Staphylococcus aureus*, *Bacillus subtilis*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Escherichia coli* üzerindeki antimikrobiyal aktivitesini agar difüzyon yöntemine göre belirlediklerinde, propolisin etanolik ekstaktının (200 mg/mL konsantrasyonda) özellikle *B. subtilis*'e karşı yüksek antibakteriyel aktivite gösterdiğini, en az antibakteriyel aktivitenin *P. aureginosa* ve *E. coli*'ye karşı olduğunu bulmuşlardır.

#### 4.3. En İyi Antimikrobiyal Aktivite Gösteren Polen Numuneleri ve İnhibisyon Zonları

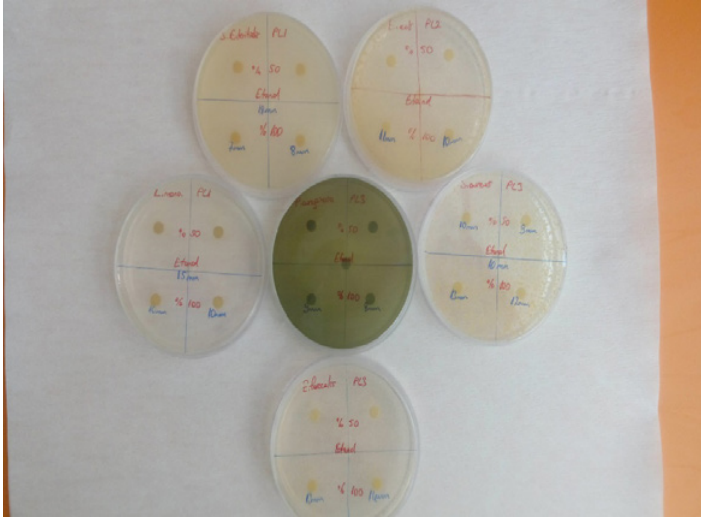
En büyük inhibisyon zonu oluşturarak en iyi antimikrobiyal aktivite gösteren polen numunelerine ait inhibisyon zonu ortalamaları Tablo 4.3'te ve buna ait polen ve suşların görüntüleri Resim 4.1'de verilmiştir.

| Mikroorganizma          | Numune Kodu (İnhibisyon Zonu, mm) |
|-------------------------|-----------------------------------|
| <i>B. cereus</i>        | ~*                                |
| <i>E. coli</i>          | PL2 (10,5±0,55 mm)                |
| <i>E. faecalis</i>      | PL3 (13,5±0,55 mm)                |
| <i>L. monocytogenes</i> | PL1 (10,0±0,00 mm)                |
| <i>S. aureus</i>        | PL3 (12,5±0,55 mm)                |
| <i>S. Enteritidis</i>   | PL1, PL3 (7,5±0,55 mm)            |
| <i>S. pyogenes</i>      | ~*                                |
| <i>P. aureginosa</i>    | PL3 (8,5±0,55 mm)                 |

\*-: İnhibisyon zonu tespit edilmemiştir.

**Tablo 4.3.** En İyi Antimikrobiyal Aktivite Gösteren Polen Numuneleri ve İnhibisyon Zonları

Mutki İlçesine ait olan PL3 numunesinin, en büyük inhibisyon zonlarını oluşturarak; en çok sayıda (*E. faecalis*, *S. aureus*, *S. Enteritidis*, *P. aureginosa*) patojen bakteri üzerinde en iyi antimikrobiyal aktiviteyi gösterdiği belirlenmiştir (Tablo 4.3).



**Resim 4.1.** En Büyük İnhibisyon Zonunun Oluşturduğu Polenler ve Suşlar

#### 4.4. En İyi Antimikrobiyal Aktivite Gösteren Propolis Numuneleri ve İnhibisyon Zonları

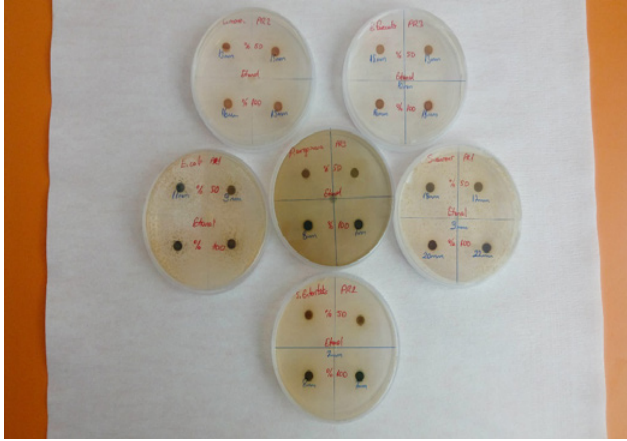
En büyük inhibisyon zonu oluşturarak en iyi antimikrobiyal aktivite gösteren propolis numunelerine ait inhibisyon zonu ortalamaları Tablo 4.4'te ve buna ait propolis ve suşların görüntüleri Resim 4.2'de verilmiştir.

| Mikroorganizma          | Numune Kodu (İnhibisyon Zonu, mm) |
|-------------------------|-----------------------------------|
| <i>B. cereus</i>        | .*                                |
| <i>E. coli</i>          | PR1 (10,0±1,10 mm)                |
| <i>E. faecalis</i>      | PR3 (17,0±1,10 mm)                |
| <i>L. monocytogenes</i> | PR2 (15,5±0,55 mm)                |
| <i>S. aureus</i>        | PR1 (21,0±1,10 mm)                |
| <i>S. Enteritidis</i>   | PR1, PR2 (7,5±0,55 mm)            |
| <i>S. pyogenes</i>      | .*                                |
| <i>P. auresinosa</i>    | PR3 (7,5±0,55 mm)                 |

\*-: İnhibisyon zonu tespit edilmemiştir.

**Tablo 4.4.** En İyi Antimikrobiyal Aktivite Gösteren Propolis Numuneleri ve İnhibisyon Zonları

Bitlis İlçesi Dere Mevkiine ait olan PR1 numunesinin, en büyük inhibisyon zonlarını oluşturarak; en çok sayıda (*E. coli*, *S. aureus*, *S. Enteritidis*) patojen bakteri üzerinde en iyi antimikrobiyal aktiviteyi gösterdiği belirlenmiştir (Tablo 4.4).



**Resim 4.2.** En İyi İnhibisyon Zonunun Oluştuğu Propolisler ve Suşlar

#### 4.5. Etil Alkolün Antimikrobiyal Aktivitesini Gösteren İnhibisyon Zonları

Çalışma sırasında negatif kontrol olarak kullanılan etil alkolün patojen mikroorganizmalar üzerinde oluşturduğu inhibisyon zonları ve buna ait etil alkol ve suşların görüntüleri Resim 4.3'te verilmiştir.

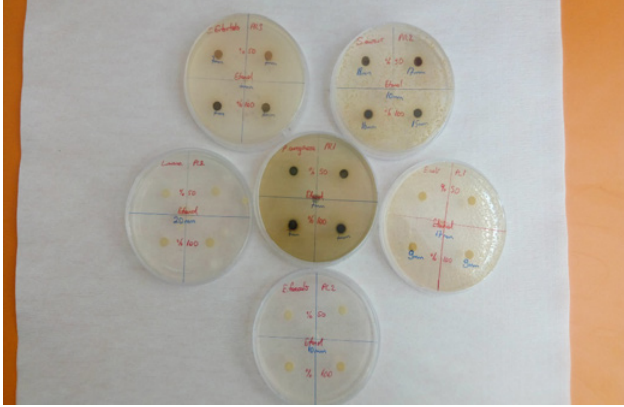
| Mikroorganizma          | İnhibisyon Zonu (mm) |
|-------------------------|----------------------|
| <i>B. cereus</i>        | .*                   |
| <i>E. coli</i>          | 8,3±1,37             |
| <i>E. faecalis</i>      | 10,0±0,00            |
| <i>L. monocytogenes</i> | 17,3±2,25            |
| <i>S. aureus</i>        | 9,7±0,52             |
| <i>S. Enteritidis</i>   | 7,0±0,00             |
| <i>S. pyogenes</i>      | .*                   |
| <i>P. auresinosa</i>    | 8,0±0,89             |

\*-: İnhibisyon zonu tespit edilmemiştir.

**Tablo 4.5.** Etil Alkolün Oluşturduğu İnhibisyon Zonları



*B. cereus* ve *S. pyogenes* üzerinde etil alkolün de inhibisyon zonu oluşturmadığı saptanmıştır. Etil alkolün *L. monocytogenes* üzerindeki antimikrobiyal aktivitesinin ( $17,3 \pm 2,25$  mm inhibisyon zonu) polen ve propolis numunelerinin gösterdiği antimikrobiyal aktiviteden ve *P. aureginosa* üzerindeki antimikrobiyal aktivitesinin ( $8,0 \pm 0,89$  mm inhibisyon zonu) propolis numunelerinin gösterdiği antimikrobiyal aktiviteden daha iyi olduğu tespit edilmiştir. Ancak diğer mikroorganizmalar üzerinde (*E. coli*, *E. feacalis*, *S. aureus*, *S. Enteritidis*) polen ve propolis numunelerinden daha küçük inhibisyon zonu oluşturmuştur (Tablo 4.5).



**Resim 4.3.** Etil Alkolün Oluşturduğu İnhibisyon Zonları ve Suşlar

Märgäoan ve diğ. (2015)'nin polen numunesinin antimikrobiyal aktivitesini belirledikleri çalışmasında negatif kontrol olarak kullanılan metanol ve etanolün test bakterisi (*Staphylococcus aureus* ATCC 6538 P) üzerinde inhibitör etkisinin olmadığı belirlenmiştir.

## 5. SONUÇ

Bitlis yöresine ait polen ve propolislerin bazı patojen bakteriler (*Escherichia coli* ATCC 25922, *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853, *Staphylococcus aureus* ATCC 29213, *Enterococcus faecalis* ATCC 29212, *Listeria monocytogenes* ATCC 7644, *Streptococcus pyogenes* ATCC 19615, *Salmonella enteritidis* ATCC 13076 ve *Bacillus cereus* ATCC 11778) üzerindeki antimikrobiyal aktiviteleri ve inhibisyon etkilerinin ne kadar olduğu belirlenmiştir. *E. coli* üzerinde polen numunelerinin, *E. feacalis*, *L. monocytogenes* ve *S. aureus* üzerinde propolis numunelerinin daha iyi antimikrobiyal aktivite gösterdiği, ancak *S. Enteritidis* ve *P. aureginosa* üzerinde polen ve propolislerin gösterdikleri antimikrobiyal aktivitenin benzer olduğu tespit edilmiştir.

Elde edilen bulgular ışığında bu ürünlerin bazı enfeksiyon hastalıklarının tedavisinde uygun görülen şekilde medikal tedaviye destek olarak tercihen kullanılabileceği ve apiterapi yeri olabileceği ortaya konulmaya çalışılmıştır.

Türkiye'nin değişik yörelerindeki arı ürünlerinin farklı enfeksiyon hastalıklarının etkeni olan mikroorganizmalar üzerindeki antimikrobiyal aktivitelerinin belirleneceği çalışmalara ihtiyaç bulunmakta, gerçek hastalar üzerinde arı ürünlerinin ne şekilde kullanılacağı ve tedavideki aktiviteleriyle ilgili doğrulama ve etkinlik çalışmalarının yapılması ve apiterapi merkezlerinin kurularak hastaların buralarda tedavi edilmesine başlanması için kapsamlı araştırma alt yapısının oluşturulması gerekmektedir.

Enfeksiyon hastalıklarının tedavisinde başvuru, kendi kendine kullanılan ilaçlar listesinde özellikle gelişmekte olan ülkelerde en üst sıralarda yer alan antibiyotik kullanımının oldukça yaygın olduğu Türkiye'de, basit enfeksiyon vakalarında, insanlar artık belki

de antibiyotik alıp kullanmak yerine, etkinliği kanıtlanan arı ürünlerini doğru bir şekilde kullanabilirlerse; sonuç alınabildiğini görüp ilaçların vermiş olduğu birçok yan etkiden kurtulmuş olacaktırlar.

## 6. TEŞEKKÜR

**Bu araştırmayı 1919B01160321 proje numarası ile destekleyen TÜBİTAK BİDEB'e teşekkür ederiz.**

## KAYNAKLAR

1. Acheson, D. & Hohmann, E.L. (2001). Nontyphoidal salmonellosis. *Clinical Infectious Diseases*, 32(2), 263-269.
2. Alan, Y., Atalan, E., Erbil, N., Bakır, O., Orman, Z. & Panik, P. (2014). Muş ve Bitlis yöresinde toplanan bal ve propolisin antimikrobiyal aktivitesinin araştırılması. *Muş Alparslan Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 2(1), 221-229.
3. Ali, A.T., Chowdhury, M. & Humayyad, M.S. (1991). Inhibitor effect of naturel honey on *Helicobacter pylori*. *Tropical Gastroenterology*, 12(3), 43-139.
4. Anonymous (1999). NCCLS (National Committee for Clinical Laboratory Standards). Performance standards for antimicrobial susceptibility testing. The 9th International Supplement; M100-S9, Villanova, PA.
5. Apaydın, H. (2015). Propolisin hazır çorbalardan izole edilen *Staphylococcus aureus* üzerine inhibisyon etkisi. *Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi*, Ankara.
6. Arda, M., Minbay, A., Leloğlu, N., Aydın, N., Kahraman, M., Akay, Ö., Ilgaz, A., İzgür, M. & Diker, K.S. (1999). *Özel mikrobiyoloji*. Ankara: Medisan Yayınevi.
7. Atayoglu, T. (2012). *Apiterapi nedir? Dünyada ve ülkemizde apiterapi. Bal ve Diğer Arı Ürünleri ile Sağlıklı Yaşam Platformu Projesi Sunumu*. [http://www.balder.org.tr/sunumlar/Dr\\_Timucin\\_Atayoglu\\_\(No\\_20\).pdf](http://www.balder.org.tr/sunumlar/Dr_Timucin_Atayoglu_(No_20).pdf) adresinden elde edildi.
8. Bankova, V., Dylugero, A., Popov, S., Evstatieva, L., Kuleva, L., Pureb, O. & Zamjansan, Z. (1992). Propolis produced in Bulgaria and Mongolia: phenolic compounds and plant origin. *Apidologie*, 23(1), 79-85.
9. Basim, E., Basim, H. & Özcan, M. (2006). Antibacterial activities of Turkish pollen and propolis extracts against plant bacterial pathogens. *Journal of Food Engineering*, 77(4), 992-996.
10. Bilgehan, H. (2000). *Klinik mikrobiyoloji (özel bakteriyoloji)*. Barış Yayınları: İzmir.
11. Boyacıoğlu, D. (2012). Arıcılık ürünlerinin kimyasal ve biyolojik özellikleri. Bal ve Diğer Arı Ürünleri ile Sağlıklı Yaşam Platformu Projesi Sunumu. [http://www.balder.org.tr/sunumlar/AUSUE\\_Semineri\\_DB\\_Sunumu\\_\(No\\_12\).pdf](http://www.balder.org.tr/sunumlar/AUSUE_Semineri_DB_Sunumu_(No_12).pdf) adresinden elde edildi.
12. Cohen, J.I., Bartlett, J.A. & Corey, G.R. (1987). Extra-intestinal manifestations of *Salmonella* infections. *Medicine*, 66(5), 349-388.
13. Collins, C.H. & Lyne, P.M. (1985). *Microbiological methods*. London: Butterworth&Co. (Publishers) Ltd.
14. Çağlayan, A. (2015). Bitlis ilinde arıcılık faaliyetleri. *Coğrafya Dergisi*, 30, 1-25.
15. Çoban, A. (1989). Yenidoğan sepsisinde antibiyotik tedavisi. *Ankem Dergisi*, 3(3), 358-367.
16. Erdem, B. (2001). 1998-2000 yıllarda serotiplendirilen *Salmonella*'lar. *İnfeksiyon Dergisi*, 15, 137-140.
17. Farber, J.M. & Peterkin, P.I. (1991). *Listeria monocytogenes*, a food-borne pathogen. *Microbiology Reviews*, 55(3), 476-511.



18. Ferreira, F.B., Torres, S.A., Rosa, O.P., Ferreira, C.M., Garcia, R.B., Marcucci, M.C. & Gomes B.P. (2007). Antimicrobial effect of propolis and other substances against selected endodontic pathogenes. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, 104(5), 709-716.
19. Frobisher, M. (1968). *Fundamentals of microbiology*. USA: W.B. Saunders Company.
20. Goulet, V., Jacquet, C., Martin, P., Vaillant, V., Laurent, E. & de Valk H. (2006). Surveillance of human listeriosis in France, 2001–2003. *Euro Surveillance*, 11(6), 79-81.
21. Gurama Ogbu, K.I., Oachi, S.O., Olabode, M.P., Olaolu, O.S. & Maimadu, A.A. (2018). Comparative Study on the Antibacterial Activities of Bee Product (Propolis, Pollen, Bee Wax and Honey). *IOSR Journal of Pharmacy and Biological Sciences (IOSR-JPBS)*, 13(2), 20-27.
22. Hasenekoğlu, İ. & Yeşilyurt S. (2002). *Mikrobiyoloji*. Erzurum: Atatürk Üniversitesi Kazım Karabekir Eğitim Fakültesi.
23. Hegazi, A.G. (2000). Propolis: an overview. Congreso Internacional de propoleos. Durante los días 1 y 2 de Septiembre de 2000 an Buenos Aires-Argentina.
24. Hidron, A.I., Edwards, J.R., Patel, J., Horan, T.C., Sievert, D.M., Pollock, D.A. & Fridkin, S. K. (2008). *NHSN annual update: antimicrobial-resistant pathogens associated with healthcare-associated infections: annual summary of data reported to the National Healthcare Safety Network at the Centers for Disease Control and Prevention 2006-2007. Infection Control and Hospital Epidemiology*, 29(11): 996-1011.
25. Jeffrey, A.E. & Echazarreta, C.M. (1996). Medicinal uses of honey. *Revista Biomedica*, 7(1), 43-49.
26. Juntilla, J.R., Niemela, S.I. & Hirn, J. (1988). Minimum growth temperatures of *Listeria monocytogenes* and non-haemolytic *Listeria*. *Journal of Applied Bacteriology*, 65(4), 321-327.
27. Kacániová, M., Vuković, N., Chlebo, R., Haščík, P., Rovná, K., Cubon, J., Džugan, M. & Pasternakiewicz, A. (2012). The antimicrobial activity of honey, bee pollen loads and beeswax from Slovakia. *Archives of Biological Sciences*, 64(3), 927-934.
28. Kara, A., Parlakay, A.Ö., Gür, D., Cengiz, A.B., Tezer, H., Çiftçi, E., Keser, M., Özen, M., Kantaroğlu, Ö.Ç., Tutanc, M., Salihoğlu, B., Yüksekaya, Ş., Çelikel, E., İnce, E., Arıca, V., Hattipoğlu, S., Odabaş, D., Altay, F., Karbuz, A. & Ceylan, M. (2011). Grup A beta hemolitik Streptokok Türkiye direnç değerlendirmesi pilot çalışma sonuçları. *Çocuk Enfeksiyon Dergisi*, 5(3), 96-99.
29. Kedzia, A. (1986). Effect of ethanol extract of propolis (EEP) on anaerobic bacteria. *Herba Polonica*, 32(3/4), 187-195.
30. Koneman, E.W., Allen, S.D., Janda, W.M., Schreckenberger, P.C. & Washington, C.W. (1992). The *Enterobacteriaceae*. *Diagnostic Microbiology*. 4th ed. Philadelphia: JB Lippincott Company.
31. Krell, R. (1996). *Value-added products from beekeeping*. Food & Agriculture Organization, Agricultural Services Bulletin No: 124.
32. Krol, W., Scheller, S., Shani, J., Pietsz, G. & Czuba, Z. (1993). Synergistic effect of ethanolic extract of propolis and antibiotics on the growth of *Staphylococcus aureus*. *Arzneimittelforschung*, 43(5), 607-609.
33. Kumar, N., Ahmad, M.K.K., Dang, R. & Husain, R. (2008). Antioxidant and antimicrobial activity of propolis from Tamil Nadu zone. *Journal of Medicinal Plants Research*, 2(12), 361-364.
34. Lindenfelser, L.A. (1967). Antimicrobial activity of propolis. *American Bee Journal*, 107, 90-92.

35. Mărgăoan, R., Mărghitas, L. Al., Dezmirean, D.S., Gherman, B., Chirilă, F., Zacharias, I. & Bobiş, O. (2015). Antimicrobial activity of bee pollen ethanolic and methanolic extracts on *Staphylococcus aureus* bacterial strain. *Bulletin UASVM Animal Science and Biotechnologies*, 72(1), 78-80.
36. Marley, E.F. & Saini, N.K. (1995). Fatal *Bacillus cereus* meningoencephalitis in on adult with acute myelogenous leukemia. *Southern Medical Journal*, 88(9), 969-972.
37. Marucci, M.C. (1995). Propolis: Chemical composition, biological properties and therapeutic activity. *Apidologie*, 26(2), 83-99.
38. Mengeloğlu, F.Z., Terzi, H.A. & Bilici, M. (2011). Kateter kaynaklı *Bacillus cereus* bakteriyemisi olgusu ve izolatlar arasındaki klonal ilişkinin PFGE ile araştırılması. *Dicle Tıp Dergisi*, 38(3), 358-360.
39. Morais, M., Moreira, L., Feas, X. & Estevinho, L.M. (2011). Honeybee-collected pollen from Portuguese Naturel Parks: Palynological origin, phenolic content, antioxidant properties and antimicrobial activity. *Food and Chemical Toxicology*, 49(5), 1096-1101.
40. Murray, B.E. (1990). The life and times of the *Enterococcus*. *Clinical Microbiology Review*, 3(1), 46-65.
41. Norrung, B. (2000). Microbiological criteria for *Listeria monocytogenes* in foods under special consideration of risk assessment approaches. *International Journal of Food Microbiology*, 62(3), 217-221.
42. Öncül, O., Erdemoğlu, A., Özsoy, M.F., Altunay, H., Ertem, Z. & Çavuşoğlu, Ş. (2002). Hastane personeline nasale *Staphylococcus aureus* taşıyıcılığı. *Klinik Dergisi*, 15(3), 74-77.
43. Öztürk, O. & Selçuk, M.Y. (2016). Birinci basamakta apiterapi. *Turkish Journal of Family Medicine and Primary Care*, 10(3), 124-125.
44. Öztürk, O. (2012). Arı ürünlerinin sağlık üzerine etkileri. Bal ve Diğer Arı Ürünleri ile Sağlıklı Yaşam Platformu Projesi Sunumu. [http://www.balder.org.tr/sunumlar/AUSUE\\_Semineri\\_Prof\\_Dr\\_Oguz-Ozturk\\_sunumu\\_\(No\\_13\).pdf](http://www.balder.org.tr/sunumlar/AUSUE_Semineri_Prof_Dr_Oguz-Ozturk_sunumu_(No_13).pdf) adresinden elde edildi.
45. Pesavento, G., Ducci, B., Comodo, N. & Lo Nostro, A. (2007). Antimicrobial resistance orofile of *Staphylococcus aureus* isolated from raw meat: A research for methicillin resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA). *Food Control*, 18(3), 196-200.
46. Roche, S.M., Kerouanton, A., Minet, J., Le Monnier, A., Brisabois, A. & Velge, P. (2009). Prevalence of low-virulence *Listeria monocytogenes* strains from different foods and environments. *International Journal of Food Microbiology*, 130(2), 151-155.
47. Ryan, K.J. & Ray, C.G. (2004). *Sherris medical microbiology* (4th ed.). New York: Mc Graw Hill.
48. SB (2014). *Geleneksel ve tamamlayıcı tıp uygulamaları yönetmeliği*. Resmî Gazete Tarihi: 27.10.2014, Resmî Gazete Sayısı: 29158 <http://www.mevzuat.gov.tr/Mevzuat-Metin/yonetmelik/7.5.20164-ek.pdf> adresinden elde edildi.
49. Starzyk, J., Scheller, S., Szaflarski, J., Moskwa, M., Stojko, A. (1977). Biological properties and clinical application of propolis. *Azneimmittel-Forschung/Drug Research*, 27(1), 1198-1199.
50. Takasi Kikuni, N.B. & Schilr, H. (1994). Electron microscopic and microcalorimetric investigations of the possible mechanism of the antibacterial action of propolis. *Pove-nance Planta Medica*, 60(3), 222-227.
51. Tichy, J. & Novak, J. (2007). Detection of antimicrobials in bee products with activity against viridans Streptococci. *The Journal of Alternative and Complementary Medicine*, 6(5), 383-389.
52. Tortora, J.G., Funke, R.B. & Case, L.C. (1992). *Microbiology*. California: The Benjamin/Cummings Publishing Company Inc.

# Bulanık Topsis Metodu Kullanarak Gemiler için Zabit Seçimi

**Ercan YÜKSEKYILDIZ<sup>1</sup>**

## CHAPTER 10

---

<sup>1</sup> Dr. Öğretim Üyesi, Ordu Üniversitesi, Fatsa Deniz Bilimleri Fakültesi



## GİRİŞ

Denizcilik sektörü, aşırı derecede yorucu çalışma koşullarının bulunduğu ve uluslararası rekabet koşullarının geçerli olduğu bir sektördür (Parker, 2001). Diğer sektörlerde, işyeri personeli yıllarca aynı ortamda çalışırken, gemi adamları gemilerde birkaç ay çalışmanın ardından gemilerden ayrılır, karada belirli bir süre dinlendikten sonra tekrar gemilerde çalışmaya başlar, bu şekilde gemilerde devamlı olarak bir gemi adamı döngüsü meydana gelmektedir (Er & Çelik, 2005).

Doğru personel seçilerek zamandan tasarruf edilir. Doğru seçilen personel, geminin çalışma ortamının iyileşmesine katkıda bulunur. Motivasyonu ve öğrenme isteği yüksek bir personel seçmekle, gemide bulunan diğer personelin motivasyonu ve çalışma azmi de olumlu şekilde etkilenecek, personelin üzerindeki baskı azalacak ve daha moralli olacaklardır. Yanlış yapılan seçim ise beraberinde birçok sorunu da birlikte getirecektir. Yanlış seçilmiş bir personelin gemiye gelmesiyle, gemideki personel daha uzun ve fazla çalışmak zorunda kalabilir, bunun sonucu olarak ta demoralize olarak, verimliliklerinde göreceli olarak bir düşüş yaşanabilir. Bu nedenle personel seçiminde izlenecek süreç hem mali hem de insan kaynakları açısından oldukça önemli olup bu iş için gerekli hazırlıklar yapılmalı ve dikkatli bir şekilde planlanmalıdır (Hanhan, 2006).

Kurumsal olarak iyi organize olmuş denizcilik firmalarının insan kaynakları departmanları, gemi adamlarını sadece Eğitim, Belgelendirme ve Vardiya Tutma Standartları Konvansiyonuna (STCW) uygun olarak düzenlenmiş sertifikaların ve yeterlik belgelerinin var olup olmadığına bakarak gemiadamlarının gemiye görevlendirme sürecini işletmezler (Söğüt & Türkay, 1997). En değerli kaynaklardan biri olan insan kaynağının farkında olan bu firmalar, işe alacakları gemi adamında birçok kriterin bulunmasına dikkat ederler (Bilici, 2012). Bu tür firmalar çalıştıracığı gemiadamlarını, istenen ücret, ulusal ve uluslararası yasal zorunluluklar ve gemide çalışma tecrübelerine göre seçerler (Wu & Winchester, 2005). Denizcilik sektöründe iyi veya kötü personel diye bir ayrım yapmak mümkün olmamaktadır. Denizcilik firmaları sefere çıkacak gemiye "doğru" personeli bulmak için çaba gösterirler (Willingale, 1998).

Bu çalışmada gemilerde zabitan seviyesinde çalışacak personelin seçim sürecinde, çok kriterli karar verme yöntemlerinden biri olan bulanık TOPSIS yöntemi kullanılmıştır. Bu nedenle çalışmada, Türkiye'de etkinlik gösteren bir denizcilik şirketinin insan kaynakları/personel bölümü yöneticileri ile görüşülmüş ve elde edilen bilgiler yorumlanarak gemilere zabitan seviyesinde personel seçerken etkili olan kriterler tanımlanmıştır. Bu kriterler kullanılarak Bulanık TOPSIS yöntemi yardımı ile en uygun aday veya adayların seçilebileceği bir model ortaya konulmuştur. Bu nedenle çalışmanın denizcilik alanına katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

### 1.1. Literatür Özeti

TOPSIS yöntemi, belirli sayıda alternatif ve kriterleri olan karar verme problemlerinde kullanılan bir yöntemdir (Jiang ve diğ., 2011). Bu konuda yapılan ilk çalışmalar Hwang & Yoon (1981) tarafından ortaya konulmuştur (Chen, 2000). Bu yöntem alternatiflerin geometrik anlamda pozitif ideal çözüme en az uzaklıkta ve negatif ideal çözüme en fazla uzaklıkta olma esasına dayanır (Triantaphyllou ve diğ., 1998). TOPSIS yöntemi çok farklı alanlardaki karar verme noktasında karar vericiye sağladığı destek ve kolaylıklardan ötürü literatürde sıklıkla kullanılmaktadır (Koyuncu & Özcan, 2014). Bulanık TOPSIS yönteminin, insan kaynakları seçimi, üretim, planlama, ekonomi, muhasebe-finance, yönetim, eğitim, ulaştırma vb. gibi çoğu alanda uygulanabilmektedir, bu nedenle konu ile ilgili çalışmalar günden güne artmaktadır (Akın, 2016).

Bulanık TOPSIS kullanılarak personel seçimi ile ilgili literatürdeki yayınlara bakıldığında; Karsak (2001) personel seçimi için bulanık mantık ve TOPSIS yöntemini birlikte kullanmıştır. Saghaffian & Hejazi (2005) üniversiteye profesör seçiminde bulanık TOPSIS yöntemini kullanmışlardır. Chen (2000), Chen & Cheng (2005), Kelemenis & Askounis (2010), Kelemenis ve diğ., (2011) yaptıkları çalışmalarda bulanık TOPSIS yöntemini bilgi sistemleri firmaları için personel seçiminde kullanmışlardır. Wang & Elhag (2006) yaptıkları çalışmalarda bir bilgisayar firması için sistem analizi mühendisi seçiminde, Ecer (2006), Başkaya & Öztürk (2011) bir mağaza için satış elemanı seçiminde, Polychroniou & Giannikos (2009) bir banka için kredi uzmanı elemanı seçiminde, Dursun & Karsak (2010) bir imalatçı şirket için personel seçimi probleminde bulanık TOPSIS yöntemini kullanmışlardır. Boran ve diğ., (2011) satış müdürü seçiminde, Fengru & Lili (2011), Matin ve diğ., (2011) personel seçimi probleminde, Perez ve diğ., (2012) yazılım geliştirme personelinin değerlendirilmesinde bulanık TOPSIS yöntemini kullanmışlardır.

Personel seçimi ile ilgili çalışmalarla diğer alanlarda oldukça fazla karşılaşılmına rağmen, denizcilik sektörü için yapılmış az sayıda çalışma bulunmaktadır. Arslan (2006) tarafından yapılan çalışmada, Türk gemi adamları için kaynak yönetimi irdelenmiş olup, personel seçimi için gerekli olan kriterler belirlenmiştir. Fışkın & Zorba (2015) yaptıkları çalışmada büyük petrol şirketlerinin, kiracısı olan firmaların personel seçimlerinde etki ve yaptırımlarının olduğunu ileri sürmüşlerdir. Hanhan (2006) yaptığı çalışmada, İzmir bölgesinde faaliyet gösteren denizcilik firmalarının personel seçimi süreçlerini incelemiştir. Elde edilen sonuçlara göre

şirketlerin personel seçiminde deneyim, referans ve yabancı dil yeterliliği konularına daha fazla dikkat ettiği belirlenmiştir. 2003 yılında Blanc (2003) tarafından yapılan bir çalışmada ise Kanada'da deniz subaylarının seçimi için iki aşamalı denizcilik zabiti seçme testi uygulanmıştır. Yapılan çalışmada adayların psikometrik özellikleri incelenmiş ve teste tabi tutulmuştur. Çalışmanın sonuçlarına göre uygulanan testin, adayların hafıza, karar verme yeteneği ve seçici dikkat özelliklerini ölçemediği ancak deniz subaylarının eğitimi için gerekli olan uygulamalı eğitim performans yeteneklerini (genel muhakeme, uzamsal tarama) ölçebildiği ortaya konmuştur.

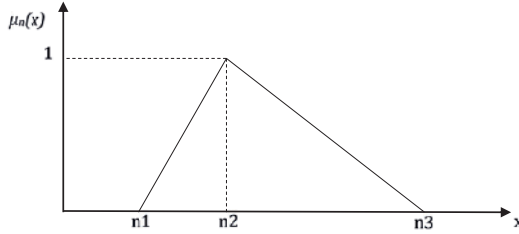
## 2. YÖNTEM

Bulanık TOPSIS yöntemi, karar vericiler tarafından karar kriterleri ve alternatiflere sözel değişkenlerle yapılan ifadeleri üyelik fonksiyonu yardımıyla sayısallaştıran ve bulanık durumlarda ortak bir grup kararı almada kullanılan çok kriterli karar verme yöntemlerinden birisidir. Bu yöntemde, yakınlık katsayıları hesaplanarak adayların sıralaması elde edilir. Yakınlık katsayıları 0 ile 1 aralığında bir değerdir. Yakınlık katsayısı 1'e ne kadar yakın olursa adayın seçilme olasılığı da o derecede artar. Seçilen alternatifin Bulanık Pozitif İdeal Çözüme (BPİÇ) en yakın ve Bulanık Negatif İdeal Çözüme (BNİÇ) ise en uzak mesafede olması bulanık TOPSIS yönteminin esasını teşkil eder. Ayrıca karar kriterlerinin birbirinden farklı önem düzeylerine sahip olabilmesine olanak tanıması bulanık TOPSIS yönteminin en belirgin özelliğidir (Chen, 2000).

İnsan tercihleri çoğu durumda tam olarak net değildir ve belirsizlik barındırabilmektedir. Kişiler kriterleri değerlendirirken kesin değerler vermekten kaçınabilirler. Bazı durumlarda kişiler, kriterlerin değerlendirmesi yaparken kesin değerlerle ifade etmek te zorlanabilirler. Bu gibi durumlarda klasik TOPSIS yöntemine göre daha uygun olan bulanık TOPSIS yöntemi kullanılmaktadır (Amiri, 2010). Bu çalışma da yapılan hesaplamaların daha basit olması ve çok sayıda üyelik fonksiyonu bulunması nedeniyle üçgen bulanık sayılar kullanılmıştır.

( $n_1, n_2, n_3$ ) üçlü değeriyle isimlendirilen  $\tilde{n}$  sayısı üçgensel bir bulanık sayı olma koşuluyla, üçgen bulanık sayının üyelik fonksiyonu  $\mu_{\tilde{n}}(x)$  Şekil 1'deki gibi ifade edilir (Chen, 2000):

$$\mu_{\tilde{n}}(x) = \begin{cases} 0, & x < n_1 \\ \frac{x - n_1}{n_2 - n_1} & n_1 \leq x \leq n_2 \\ \frac{x - n_3}{n_2 - n_3} & n_2 \leq x \leq n_3 \\ 0 & x > n_3 \end{cases} \quad (1)$$



Şekil 1. Üçgensel Bulanık Sayı (Kaptanoğlu & Özok, 2006).

Şekil 1'de görüleceği üzere  $\tilde{n}$  bir üçgen bulanık sayı olarak ifade edilmektedir. Burada  $n_1 < n_2 < n_3$  tür ve  $n_1, \tilde{n}$  bulanık sayısının alt değerini,  $n_2$  orta değeri,  $n_3$  ise üst değerini göstermektedir (Kaptanoğlu & Özok, 2006).

Üçgen bulanık sayılar kullanılarak yapılan temel matematik işlemleri Denklem 2,3,4,5'te gösterilmektedir (Mahapatra & Mahapatra, 2009):  $\tilde{m}$  ve  $\tilde{n}$ ;  $\tilde{m} = (m_1, m_2, m_3)$  ve  $\tilde{n} = (n_1, n_2, n_3)$  şeklinde iki üçgen bulanık sayı olsun. p'de pozitif bir doğal sayı olursa; matematiksel işlemler aşağıda görüldüğü şekilde hesap edilir:

$$\tilde{m} (+) \tilde{n} = (m_1, m_2, m_3) (+) (n_1, n_2, n_3) = (m_1 + n_1, m_2 + n_2, m_3 + n_3) \quad (2)$$

$$\tilde{m} (-) \tilde{n} = (m_1, m_2, m_3) (-) (n_1, n_2, n_3) = (m_1 - n_1, m_2 - n_2, m_3 - n_3) \quad (3)$$

$$\tilde{m} (x) \tilde{n} = (m_1, m_2, m_3) (x) (n_1, n_2, n_3) = (m_1 \times n_1, m_2 \times n_2, m_3 \times n_3) \quad (4)$$

$$\tilde{m} (+) \tilde{n} = (m_1, m_2, m_3) (+) p = (m_1p, m_2p, m_3p) \quad (5)$$

$\tilde{m} = (m_1, m_2, m_3)$  ve  $\tilde{n} = (n_1, n_2, n_3)$  iki üçgen bulanık sayıyı göstermek üzere, aralarındaki uzaklık vertex yöntemi kullanılarak aşağıdaki gibi hesap edilir (Chen, 2000):

$$d(\tilde{m}, \tilde{n}) = \sqrt{\frac{1}{3} [(m_1 - n_1)^2 + (m_2 - n_2)^2 + (m_3 - n_3)^2]} \quad (6)$$

## 2.1. Bulanık TOPSIS Yöntemi Uygulamasında İzlenen Adımlar

İlk olarak karar vericiler, karar kriterlerinin önem düzeyini ve bu kriterlere göre adayları dilsel değişkenleri kullanarak değerlendirirler. Tablo 1 ve 2’de değerlendirme için kullanılan sözel değişkenler ile bu değişkenlere karşılık gelen üçgen bulanık sayılar gösterilmiştir (Chen, 2000).

| Sözel Değişken   | Üçgen Bulanık Sayı |
|------------------|--------------------|
| Çok Yüksek (ÇY)  | (0.9,1,1)          |
| Yüksek (Y)       | (0.7,0.9,1)        |
| Orta Yüksek (OY) | (0.5,0.7,0.9)      |
| Orta (O)         | (0.3,0.5,0.7)      |
| Orta Düşük (OD)  | (0.1,0.3,0.5)      |
| Düşük (D)        | (0,0.1,0.3)        |
| Çok Düşük (ÇD)   | (0,0,0.1)          |

**Tablo 1.** Kriterlerin Önem Düzeyini Gösteren Sözel Değişkenler ve Üçgen Bulanık Sayı Karşılıkları (Chen, 2000).

| Sözel Değişken | Üçgen Bulanık Sayı |
|----------------|--------------------|
| Çok İyi (Çİ)   | (9,10,10)          |
| İyi (İ)        | (7,9,10)           |
| Orta İyi (OI)  | (5,7,9)            |
| Orta (O)       | (3,5,7)            |
| Orta Kötü (OK) | (1,3,5)            |
| Kötü (K)       | (0,1,3)            |
| Çok Kötü (ÇK)  | (0,0,1)            |

**Tablo 2.** Alternatiflerin Değerlendirilmesinde Kullanılan Sözel Değişkenler ve Üçgen Bulanık Sayı Karşılıkları (Chen, 2000).

Bu çalışmada Chen’in (2000) geliştirdiği model kullanılarak bulanık TOPSIS yöntemi uygulanmıştır. Bu modele göre; K tane karar vericiden oluşan,  $w_j^{K'}$ ’nin, K’ncı karar vericinin değerlendirdiği karar kriterinin önem ağırlığını,  $x_{ij}^{K'}$ ’nin ise adayın kriter değerini gösterdiği bir grupta karar kriterlerinin önem ağırlıkları ve adayların kriter değerleri sırasıyla Formül 7 ve 8 yardımıyla hesaplanabilir:

$$\tilde{w}_j = \frac{1}{K} [\tilde{w}_j^1 (+) \tilde{w}_j^2 (+) \dots (+) \tilde{w}_j^K] \quad (7)$$

$$\tilde{x}_{ij} = \frac{1}{K} [\tilde{x}_{ij}^1 (+) \tilde{x}_{ij}^2 (+) \dots (+) \tilde{x}_{ij}^K] \quad (8)$$

n kriterli ve m seçenekli bir bulanık matrisi ( $\tilde{D}$ ) ve ağırlık vektörü ( $\tilde{W}$ ) aşağıdaki gibi ifade edilebilir:

$$\tilde{D} = \begin{bmatrix} \tilde{x}_{11} & \tilde{x}_{12} & \dots & \tilde{x}_{1n} \\ \tilde{x}_{21} & \tilde{x}_{22} & \dots & \tilde{x}_{2n} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ \tilde{x}_{m1} & \tilde{x}_{m2} & \dots & \tilde{x}_{mn} \end{bmatrix}$$

$$\tilde{W} = [\tilde{w}_1 \ \tilde{w}_2 \ \dots \ \tilde{w}_n]$$

Burada  $\tilde{x}_{ij} = (a_{ij}, b_{ij}, c_{ij})$  ve  $\tilde{w}_j = (w_{j1}, w_{j2}, w_{j3})$  bulanık üçgensel sayılar olup, dilsel değişkenler olarak tanımlanmaktadır ( $i = 1, 2, \dots, m$  ve  $j = 1, 2, \dots, n$ ) (Chen, 2000).

Bulanık TOPSIS Yönteminin aşamaları aşağıdaki gibidir:

**Adım 1:** Karar vericilerin oluşturduğu grup tarafından seçim kriterleri ve alternatiflerin belirlenmesi.

**Adım 2:** Karar vericilerin oluşturduğu grup ile kriterlerin önem ağırlıklarının dilsel değişkenler kullanılarak ( $\tilde{W}$ ) belirlenir.

**Adım 3:** Dilsel değişkenler yardımıyla kriterler ile alternatifler arasındaki ilişki derecesi belirlenir. Elde edilen dilsel ilişki dereceleri üçgen üyelik fonksiyonları kullanılarak bulanık karar matrisi ( $\tilde{D}$ ) oluşturulur.

**Adım 4:** Bulanık karar matrisi yardımıyla normalize edilmiş bulanık karar matrisi hesaplanır. Bu matris  $\tilde{R}$  ile ifade edilir. Hesaplamalarda ilgili kriterin en büyük olması arzu ediliyorsa, kriter bazında her bir alternatifin aldığı değer ilgili sütundaki en büyük değere bölünür. Eğer ilgili kriterin en küçük olması arzu ediliyorsa, kriter bazında ilgili sütundaki en küçük değer her bir alternatifin aldığı değere bölünerek normalize edilmiş bulanık karar matrisi elde edilir.

$$\tilde{R} = [\tilde{r}_{ij}]_{m \times n}, \quad i = 1, 2, \dots, m \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (9)$$

$$\tilde{r}_{ij} = \left( \frac{a_{ij}}{c_j^+}, \frac{b_{ij}}{c_j^+}, \frac{c_{ij}}{c_j^+} \right) \quad (10)$$

$$\tilde{r}_{ij} = \left( \frac{a_j^-}{c_{ij}}, \frac{a_j^-}{b_{ij}}, \frac{a_j^-}{a_{ij}} \right) \quad (11)$$

$$c_j^+ = \max_i c_{ij}; \text{ eğer kriter en büyükmek isteniyor ise,}$$

$$a_j^- = \min_i a_{ij}; \text{ eğer kriter en küçükmek isteniyor ise,}$$

**Adım 5:** Normalize edilmiş bulanık karar matrisi ile ağırlıklar vektörü çarpılarak ağırlıklandırılmış normalize bulanık karar matrisi  $\tilde{V}$  hesaplanır.

$$\tilde{v}_{ij} = \tilde{r}_{ij} \otimes \tilde{w}_j, \quad i = 1, 2, \dots, m \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (12)$$

$$\tilde{V} = [\tilde{v}_{ij}]_{m \times n} \quad (13)$$

**Adım 6:** Her bir kriter için bulanık pozitif ideal çözüm ( $A^+$ ) ve bulanık negatif ideal çözüm ( $A^-$ ) belirlenir.

$$A^+ = (\tilde{v}_1^+, \tilde{v}_2^+, \dots, \tilde{v}_n^+) \quad (14)$$

$$A^- = (\tilde{v}_1^-, \tilde{v}_2^-, \dots, \tilde{v}_n^-) \quad (15)$$

**Adım 7:** Alternatiflerin bulanık pozitif ideal ve bulanık negatif ideal çözüme uzaklıkları hesaplanır.

$$d_i^+ = \sum_{j=1}^n d(\tilde{v}_{ij}, \tilde{v}_j^+) \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (16)$$

$$d_i^- = \sum_{j=1}^n d(\tilde{v}_{ij}, \tilde{v}_j^-) \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (17)$$

**Adım 8:** Her bir alternatifin yakınlık katsayısı ( $CC_i$ ) hesaplanır.

$$CC_i = \frac{d_i^-}{d_i^+ + d_i^-} \quad (18)$$



**Adım 9:** Son olarak yakınlık katsayısına göre alternatiflerin tercih sırası elde edilir. Bu amaçla [0-1] aralığı beş alt aralığa bölünerek, her alternatifin mevcut durumunu belirlemek amacıyla kullanılacak dilsel değişkenler tanımlanmıştır. Yakınlık katsayısına göre belirlenen dilsel değişkenler ve kabul koşulları Tablo 3'te gösterilmektedir. Alternatifin değerlendirme durumunda aynı sınıfa girmesi halinde, sıralamayı belirlemek için yakınlık katsayılarına bakılır (Chen ve diğ., 2006).

| Yakınlık Katsayısı $CC_i$ | Değerlendirme Durumu           |
|---------------------------|--------------------------------|
| $CC_i \in [0, 0.2]$       | Tavsiye edilmez                |
| $CC_i \in [0.2, 0.4]$     | Yüksek risk ile tavsiye edilir |
| $CC_i \in [0.4, 0.6]$     | Düşük risk ile tavsiye edilir  |
| $CC_i \in [0.6, 0.8]$     | Kabul edilir                   |
| $CC_i \in [0.8, 1.0]$     | Kabul edilir ve tercih edilir  |

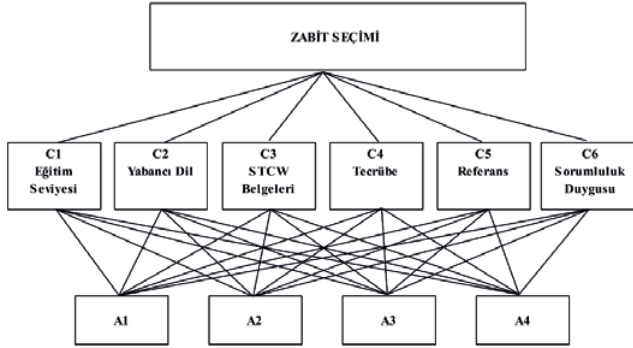
**Tablo 3.** Alternatiflerin Kabul Koşulları

### 3. UYGULAMA

Uygulama bir denizcilik firmasında zabıt seçimi için gerçekleştirilmiştir. Firmanın gemilerde zabıtlık yapmak amacıyla iş başvurusunda bulunan 4 zabıt alternatifi arasından en uygun olanının seçimini yapabilmek için, etkili ve uygulanması kolay bir yöntem olan bulanık TOPSIS yöntemi kullanılabilmektedir. Çalışmada Chen (2000) tarafından geliştirilen algoritma kullanılmıştır. Yöntemin algoritması gereği yapılan işlemler aşağıda sırasıyla gösterilmiştir:

**Adım 1:** Seçim kriterlerinin ve alternatiflerin karar vericilerin oluşturduğu grup tarafından belirlenmesi.

Uygulamanın yapıldığı denizcilik firmasında insan kaynakları/personel bölümünde çalışan 3 çalışan, zabıt seçimi için bir araya gelerek karar vericiler grubunu oluşturmuştur. Literatür taraması ve karar verici grup üyeleri ile yapılan görüşmeler sonucu firmanın personel seçimi için 6 adet karar kriteri belirlenmiştir. Bu karar kriterleri; Eğitim düzeyi (C1), Yabancı Dil (C2), STCW Belgeleri (C3), Tecrübe (C4), Referans (C5) ve Sorumluluk Duygusu (C6)'dur. Karar probleminin hiyerarşik yapısının doğru olarak belirlenmesi bulanık TOPSIS yönteminin en önemli aşamalarından birini oluşturmaktadır. Oluşturulan hiyerarşik yapı Şekil 2'deki gibidir.



**Şekil 2.** Karar Probleminin Hiyerarşik Yapısı

**Adım 2:** Karar vericilerin oluşturduğu grup ile seçim kriterlerinin önem ağırlıklarının dilsel değişkenler kullanılarak bulanık üçgensel sayılar şeklinde belirlenmesi.

Karar vericiler kriterlerin önem ağırlıklarını Tablo 1'de gösterilen dilsel değişkenleri kullanarak değerlendirmişlerdir. Karar verici grup tarafından belirlenen kriter ağırlıklarının dilsel ifadeleri, dilsel ifadelerle karşı gelen bulanık ağırlık dereceleri ve kriterlerin önem ağırlıkları sırasıyla Tablo 4, Tablo 5 ve Tablo 6'da gösterilmiştir.

| Kriterler | Karar Verici Grup |     |     |
|-----------|-------------------|-----|-----|
|           | KV1               | KV2 | KV3 |
| C1        | ÇY                | ÇY  | ÇY  |
| C2        | ÇY                | Y   | ÇY  |
| C3        | ÇY                | ÇY  | ÇY  |
| C4        | Y                 | Y   | OY  |
| C5        | OY                | OY  | Y   |
| C6        | Y                 | ÇY  | ÇY  |

Tablo 4. Zabıt seçimi seçim kriterlerinin dilsel ifadelerle değerlendirilmesi

| Kriterler | Karar Verici Grup |                 |                 |
|-----------|-------------------|-----------------|-----------------|
|           | KV1               | KV2             | KV3             |
| C1        | (0.9, 1.0, 1.0)   | (0.9, 1.0, 1.0) | (0.9, 1.0, 1.0) |
| C2        | (0.9, 1.0, 1.0)   | (0.7, 0.9, 1.0) | (0.9, 1.0, 1.0) |
| C3        | (0.9, 1.0, 1.0)   | (0.9, 1.0, 1.0) | (0.9, 1.0, 1.0) |
| C4        | (0.7, 0.9, 1.0)   | (0.7, 0.9, 1.0) | (0.5, 0.7, 0.9) |
| C5        | (0.5, 0.7, 0.9)   | (0.5, 0.7, 0.9) | (0.7, 0.9, 1.0) |
| C6        | (0.7, 0.9, 1.0)   | (0.9, 1.0, 1.0) | (0.9, 1.0, 1.0) |

Tablo 5. Zabıt seçimi seçim kriterlerinin dilsel ifadelerinin bulanık üçgen sayılar ile derecelendirilmesi

Zabıt seçimi seçim kriterlerinin önem ağırlıkları matrisi, Tablo 5 kullanılarak, (7) numaralı formül yardımı ile oluşturulur (Tablo 6).

| Kriterler | Önem Ağırlıkları   |
|-----------|--------------------|
| C1        | (0.90, 1.00, 1.00) |
| C2        | (0.83, 0.97, 1.00) |
| C3        | (0.90, 1.00, 1.00) |
| C4        | (0.63, 0.83, 0.97) |
| C5        | (0.57, 0.77, 0.93) |
| C6        | (0.83, 0.97, 1.00) |

Tablo 6. Zabıt seçimi seçim kriterlerinin bulanık önem ağırlıkları matrisi

**Adım 3:** Karar vericilerin seçim kriterlerine göre alternatifleri dilsel değişkenlerle değerlendirmesi ve bulanık karar matrisinin oluşturulması.

Karar vericilerin oluşturduğu grup tarafından Tablo 2'deki dilsel değişkenler kullanarak her bir seçim kriterine göre alternatiflerin değerlendirme sonuçları Tablo 7'de görülmektedir.

| Kriterler | Alternatifler | Karar Verici Grup |     |     |
|-----------|---------------|-------------------|-----|-----|
|           |               | KV1               | KV2 | KV3 |
| C1        | A1            | Ol                | I   | OK  |
|           | A2            | O                 | OK  | ÇK  |
|           | A3            | ÇI                | I   | ÇI  |
|           | A4            | ÇI                | ÇI  | ÇI  |
| C2        | A1            | Ol                | I   | O   |
|           | A2            | OK                | Ol  | Ol  |
|           | A3            | I                 | ÇI  | I   |
|           | A4            | I                 | ÇI  | I   |
| C3        | A1            | ÇI                | ÇI  | ÇI  |
|           | A2            | ÇI                | ÇI  | ÇI  |
|           | A3            | ÇI                | ÇI  | ÇI  |
|           | A4            | ÇI                | ÇI  | Ol  |
| C4        | A1            | I                 | I   | ÇI  |
|           | A2            | Ol                | O   | Ol  |
|           | A3            | ÇI                | Ol  | I   |
|           | A4            | ÇI                | I   | Ol  |
| C5        | A1            | ÇI                | I   | I   |

|    |    |    |    |    |
|----|----|----|----|----|
|    | A2 | i  | Çi | i  |
|    | A3 | Çi | Çi | Çi |
|    | A4 | i  | Çi | Ol |
|    | A1 | Çi | i  | Çi |
| C6 | A2 | Ol | K  | Çi |
|    | A3 | Çi | i  | Ol |
|    | A4 | i  | i  | Ol |
|    | A1 | Çi | i  | Çi |

**Tablo 7.** Zabıt seçimi alternatiflerin dilsel ifadelerle değerlendirilmesi

Zabıt seçimi alternatiflerin dilsel ifadelerle değerlendirilmesinden sonra bulanık karar matrisinin oluşturulabilmesi için, Tablo 2 kullanılarak üçgen bulanık sayılar şeklinde ifade edilir (Tablo 8).

Bulanık karar matrisi Tablo 8'deki değerler kullanılarak (8) numaralı formül yardımıyla hesaplanmıştır. Bulanık karar matrisi Tablo 9'da görülmektedir.

| Kriterler | Alternatifler | Karar Verici Grup |           |           |
|-----------|---------------|-------------------|-----------|-----------|
|           |               | KV1               | KV2       | KV3       |
| C1        | A1            | (5,7,9)           | (7,9,10)  | (1,3,5)   |
|           | A2            | (3,5,7)           | (1,3,5)   | (0,0,1)   |
|           | A3            | (9,10,10)         | (7,9,10)  | (9,10,10) |
|           | A4            | (9,10,10)         | (9,10,10) | (9,10,10) |
| C2        | A1            | (5,7,9)           | (7,9,10)  | (3,5,7)   |
|           | A2            | (1,3,5)           | (5,7,9)   | (5,7,9)   |
|           | A3            | (7,9,10)          | (9,10,10) | (7,9,10)  |
|           | A4            | (7,9,10)          | (9,10,10) | (7,9,10)  |
| C3        | A1            | (9,10,10)         | (9,10,10) | (9,10,10) |
|           | A2            | (9,10,10)         | (9,10,10) | (9,10,10) |
|           | A3            | (9,10,10)         | (9,10,10) | (9,10,10) |
|           | A4            | (9,10,10)         | (9,10,10) | (5,7,9)   |
| C4        | A1            | (7,9,10)          | (7,9,10)  | (9,10,10) |
|           | A2            | (5,7,9)           | (3,5,7)   | (5,7,9)   |
|           | A3            | (9,10,10)         | (5,7,9)   | (7,9,10)  |
|           | A4            | (9,10,10)         | (7,9,10)  | (5,7,9)   |
| C5        | A1            | (9,10,10)         | (7,9,10)  | (7,9,10)  |
|           | A2            | (7,9,10)          | (9,10,10) | (7,9,10)  |
|           | A3            | (9,10,10)         | (9,10,10) | (9,10,10) |
|           | A4            | (7,9,10)          | (9,10,10) | (5,7,9)   |
| C6        | A1            | (9,10,10)         | (7,9,10)  | (9,10,10) |
|           | A2            | (5,7,9)           | (0,1,3)   | (9,10,10) |
|           | A3            | (9,10,10)         | (7,9,10)  | (5,7,9)   |
|           | A4            | (7,9,10)          | (7,9,10)  | (5,7,9)   |

**Tablo 8.** Zabıt seçimi alternatiflerin dilsel ifadelerinin bulanık üçgen sayılar ile derecelendirilmesi

| Kriterler | Alternatifler   |                 |                 |                 |
|-----------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
|           | A1              | A2              | A3              | A4              |
| C1        | (4.3,6.3,8.0)   | (1.3,2.7,4.3)   | (8.3,9.7,10.0)  | (9.0,10.0,10.0) |
| C2        | (5.0,7.0,8.7)   | (3.7,5.7,7.7)   | (7.7,9.3,10.0)  | (7.7,9.3,10.0)  |
| C3        | (9.0,10.0,10.0) | (9.0,10.0,10.0) | (9.0,10.0,10.0) | (7.7,9.0,9.7)   |
| C4        | (7.7,9.3,10.0)  | (4.3,6.3,8.3)   | (7.0,8.7,9.7)   | (7.0,8.7,9.7)   |
| C5        | (7.7,9.3,10.0)  | (7.7,9.3,10.0)  | (9.0,10.0,10.0) | (7.0,8.7,9.7)   |
| C6        | (8.3,9.7,10.0)  | (4.7,6.0,7.3)   | (7.0,8.7,9.7)   | (6.3,8.3,9.7)   |

**Tablo 9.** Bulanık karar matrisi

**Adım 4:** Bulanık karar matrisi kullanılarak normalize edilmiş bulanık karar matrisinin oluşturulması.

Bulanık karar matrisine (9), (10) ve (11) numaralı formüller uygulanarak normalize edilmiş bulanık karar matrisi oluşturulur. Zabit seçimi için belirlenen kriterlerin en büyük olması istenmektedir. Bu nedenle, kriter bazında alternatiflerin aldığı değerler sütun içindeki en büyük değere bölünerek normalize edilmiş bulanık karar matrisi (Tablo 10) elde edilir.

| Kriterler | Alternatifler    |                  |                  |                  |
|-----------|------------------|------------------|------------------|------------------|
|           | A1               | A2               | A3               | A4               |
| C1        | (0.43,0.63,0.80) | (0.13,0.26,0.43) | (0.83,0.96,1.00) | (0.90,1.00,1.00) |
| C2        | (0.50,0.70,0.86) | (0.36,0.56,0.76) | (0.76,0.93,1.00) | (0.76,0.93,1.00) |
| C3        | (0.90,1.00,1.00) | (0.90,1.00,1.00) | (0.90,1.00,1.00) | (0.76,0.90,0.96) |
| C4        | (0.76,0.93,1.00) | (0.43,0.63,0.83) | (0.70,0.86,0.96) | (0.70,0.86,0.96) |
| C5        | (0.76,0.93,1.00) | (0.76,0.93,1.00) | (0.90,1.00,1.00) | (0.70,0.86,0.96) |
| C6        | (0.83,0.96,1.00) | (0.46,0.60,0.73) | (0.70,0.86,0.96) | (0.63,0.83,0.96) |

**Tablo 10.** Normalize edilmiş bulanık karar matrisi

**Adım 5:** Ağırlıklı normalize edilmiş bulanık karar matrisinin elde edilmesi.

Karar vericilerin oluşturduğu grup tarafından her seçim kriterinin sahip olduğu önem ağırlıkları göz önünde bulundurularak (12) ve (13) numaralı formüller kullanılarak ağırlıklı normalize edilmiş bulanık karar matrisi oluşturulur. Bu amaçla; normalize edilmiş bulanık karar matrisindeki her alternatifin değeri, ait oldukları sütundaki seçim kriterinin bulanık önem ağırlığı ile çarpılır. Ağırlıklı normalize edilmiş bulanık karar matrisi Tablo 11’de görülmektedir.

| Kriterler | Alternatifler    |                  |                  |                  |
|-----------|------------------|------------------|------------------|------------------|
|           | A1               | A2               | A3               | A4               |
| C1        | (0.39,0.63,0.80) | (0.12,0.26,0.43) | (0.75,0.96,1.00) | (0.81,1.00,1.00) |
| C2        | (0.41,0.67,0.86) | (0.30,0.54,0.76) | (0.63,0.90,1.00) | (0.63,0.90,1.00) |
| C3        | (0.81,1.00,1.00) | (0.81,1.00,1.00) | (0.81,1.00,1.00) | (0.69,0.90,0.96) |
| C4        | (0.48,0.77,0.96) | (0.27,0.52,0.80) | (0.44,0.72,0.93) | (0.44,0.72,0.93) |
| C5        | (0.43,0.71,0.93) | (0.43,0.71,0.93) | (0.51,0.76,0.93) | (0.39,0.66,0.90) |
| C6        | (0.69,0.93,1.00) | (0.38,0.58,0.73) | (0.58,0.83,0.96) | (0.52,0.80,0.96) |

**Tablo 11.** Ağırlıklı normalize edilmiş bulanık karar matrisi

**Adım 6:** Her bir kriter için bulanık pozitif ideal çözüm ve bulanık negatif ideal çözümün belirlenmesi.

Bu çalışmada Chen’in (2000) geliştirdiği bulanık TOPSIS yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntemle göre bulanık pozitif ideal çözüm ( $A^+$ ) ve bulanık negatif ideal çözüm ( $A^-$ ), 6 seçim kriteri olan bir problem için, (14) ve (15) numaralı formüllere göre;

$$A^+ = [(1,1,1), (1,1,1), (1,1,1), (1,1,1), (1,1,1), (1,1,1)]$$

$$A^- = [(0,0,0), (0,0,0), (0,0,0), (0,0,0), (0,0,0), (0,0,0)]$$

şeklinde oluşur [10].

**Adım 7:** Alternatiflerin bulanık pozitif ideal ve bulanık negatif ideal çözüme uzaklıkları hesaplanması.

BPIÇ’ten olan uzaklığı hesaplamak için ağırlıklı normalize edilmiş bulanık karar matrisi elemanları (1,1,1)’den çıkartılır. (16) nolu denklem kullanılarak BPIÇ değerleri elde edilir. Bu değerler hesaplanırken Verteks yöntemi kullanılır. Aynı şekilde BNİÇ’i hesaplamak için ağırlıklı normalize edilmiş bulanık karar matrisi elemanları (0,0,0)’dan çıkartılır, Vertex yöntemi ve (17) nolu denklem kullanılarak BNİÇ değerleri elde edilir.

A1 alternatifi için BPİÇ'den olan uzaklık aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır:

$$\begin{aligned}
 d_1^+ &= \sqrt{\frac{1}{3}[(1-0.39)^2 + (1-0.63)^2 + (1-0.80)^2]} + \sqrt{\frac{1}{3}[(1-0.41)^2 + (1-0.67)^2 + (1-0.86)^2]} \\
 &+ \sqrt{\frac{1}{3}[(1-0.81)^2 + (1-1.00)^2 + (1-1.00)^2]} \\
 &+ \sqrt{\frac{1}{3}[(1-0.48)^2 + (1-0.77)^2 + (1-0.96)^2]} \\
 &+ \sqrt{\frac{1}{3}[(1-0.43)^2 + (1-0.71)^2 + (1-0.93)^2]} \\
 &+ \sqrt{\frac{1}{3}[(1-0.69)^2 + (1-0.93)^2 + (1-1.00)^2]} \\
 &= 1.8013
 \end{aligned}$$

Benzer şekilde diğer alternatifler için BPİÇ ve BNİÇ değerleri hesaplanarak Tablo 12 oluşturulur.

| Alternatifler | BPİÇ ( $d_1^+$ ) | BNİÇ ( $d_1^-$ ) |
|---------------|------------------|------------------|
| <b>A1</b>     | 1.8013           | 4.6296           |
| <b>A2</b>     | 2.6793           | 3.7013           |
| <b>A3</b>     | 1.4070           | 5.0109           |
| <b>A4</b>     | 1.5739           | 4.8643           |

**Tablo 12.** Alternatiflerin BPİÇ ve BNİÇ'den olan uzaklıkları

**Adım 8:** Her bir alternatifi yakınlik katsayısının ( $CC_i$ ) hesaplanması.

Yakınlık katsayıları (18) numaralı denklem yardımıyla hesaplanır. Alternatiflerin yakınlık katsayıları Tablo 13'te gösterilmektedir. Örneğin birinci alternatif için yakınlık katsayısı aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$CC_1 = \frac{d_1^-}{d_1^+ + d_1^-} = \frac{4.6296}{1.8013 + 4.6296} = 0.7199$$

| Alternatifler | Yakınlık Katsayısı ( $CC_i$ ) |
|---------------|-------------------------------|
| <b>A1</b>     | 0.7199                        |
| <b>A2</b>     | 0.5801                        |
| <b>A3</b>     | 0.7808                        |
| <b>A4</b>     | 0.7555                        |

**Tablo 13.** Alternatiflerin yakınlık katsayıları

**Adım 9:** Yakınlık katsayısına göre alternatiflerin sıralanması ve değerlendirilmesi.

Yakınlık katsayılarının hesaplanmasının ardından bu değerler en yüksek olandan en düşük değere doğru sıralanır. Sıralamanın en üst seviyesinde en yüksek yakınlık katsayısı değerine sahip alternatif bulunur. Aynı şekilde en düşük yakınlık katsayısı değerine sahip alternatif sıralamanın en sonunda yer alır. Tablo 13'te görüldüğü gibi yakınlık katsayıları  $CC_3 > CC_4 > CC_1 > CC_2$  şeklinde olduğundan, alternatiflerin sıralaması da A3, A4, A1, A2 olarak belirlenir.

Alternatiflerin yakınlık katsayıları göz önünde tutularak Tablo 3'te gösterilen alternatiflerin kabul koşulları değerlerine bakıldığında; A3, A4 ve A1 alternatiflerinin "Kabul edilir", A2 alternatifinin ise "Düşük risk ile tavsiye edilir" durumunda olduğu söylenebilir.

#### 4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Günümüzde denizcilik sektöründe yaşanan teknolojik gelişmelere paralel olarak iyi yetişmiş zabıt açığı giderek artmaktadır. Denizde meydana gelen kazaların %80'inin insan hatalarından meydana geldiği göz önüne alındığında gemilerde çalışacak personelin seçiminin ciddiyeti ortaya çıkmaktadır.

Personel seçimi için öncelikli olarak insan kaynakları/personel bölümü idarecileri tarafınca karar kriterleri tanımlanmıştır. Sonrasında ise bulanık TOPSIS adımları uygulanarak, negatif ideal çözüm ve pozitif ideal çözüm değerleri belirlenmiş ve adaylar için yakınlık katsayıları hesap edilmiştir. Elde edilen sonuçlar ile farklı karar kriterleri göz önüne alınarak adayların objektif bir yaklaşımla değerlendirilmesi ve sıralanması yapılmıştır. İdeal çözüme yakınlık katsayılarının en yüksek puandan en düşük puana doğru yapılan sıralama neticesinde, adaylar sırasıyla A3, A4, A1, A2 olarak belirlenmiştir.

Bu çalışma ile gemilere zabitan düzeyinde personel seçimi yapılırken, bulanık TOPSIS yönteminin uygulanabilirliği yapılan bir uygulama ile gösterilmeye çalışılmıştır. Çalışma sonucunda çok sayıda adayın bulunduğu ve işe kabul edilmek için gerekli kriterlerin adaylar üzerinde oldukça önemi bulunduğu personel seçimi problemlerinin çözümünde bulanık TOPSIS yönteminin oldukça elverişli bir yöntem olduğu ifade edilebilir.

Gemilerin birbirinden farklı olmaları nedeniyle her bir gemi tipi için personel seçim süreci farklılaşmaktadır. Bu çalışmada genel bir personel seçim süreci değerlendirilmesi yapılmış olup farklı gemi tipleri için kriterler değiştirilebilir. Böylelikle personel seçimi için önerilen bütünlük modelin diğer birçok gemi tipinde personel seçimi probleminde uygulanabileceği düşünülmektedir.

#### KAYNAKLAR

- AKIN, N., G. (2016), "Personel Seçiminde Çok Kriterli Karar Verme: Bulanık TOPSIS Uygulaması", *Journal of Business Research-Türk*, Cilt 8, Sayı 2, Sayfa 224-254.
- AMIRI, M. P. (2010), "Project Selection For Oil-Fields Development By Using The AHP And Fuzzy TOPSIS Methods", *Expert Systems with Applications*, Vol. 37, No. 9, pp.6218-6224.
- ARSLAN, Ö. (2006), "Türk Gemi Adamları İçin İnsan Kaynakları Yönetimi", Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- BAŞKAYA, Z., ÖZTÜRK, B. (2011), "Bulanık TOPSIS ile Satış Elemanı Adaylarının Değerlemesi", *Business and Economics Research Journal*, Cilt 2, Sayı 2, Sayfa 77-100.
- BİLİCİ, A., (2012), "Gemi Adamlarının İşe Alımı, Eğitimi ve Performans Değerlendirmelerinin .NET Teknolojisi İle Geliştirilmesi", Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- BLANC, J., R. (2003), "Naval Officer Selection in Canada: An Evaluation of the Maritime Officer Selection Test", Degree of Master Thesis, Saint Mary's University, Canada.
- BORAN, F. E., GENÇ, S., AKAY, D. (2011), "Personnel Selection Based on Intuitionistic Fuzzy Sets", *Human Factors and Ergonomics Manufacturing & Service Industries*, Vol.21, pp.493-503.
- CHEN, C. T. (2000), "Extensions of The TOPSIS for Group Decision-Making Under Fuzzy Environment", *Fuzzy Sets and Systems*, Vol. 114, No. 1, pp.1-9.
- CHEN, L. S., CHENG, C. H. (2005), "Selecting IS Personnel Use Fuzzy GDSS Based on Metric Distance Method", *European Journal of Operational Research*, Vol.160 (3 Spec. Iss.), pp.803-820.
- CHEN, C. T., LIN, C.T., HUANG, S. F. (2006), "A Fuzzy Approach for Supplier Evaluation and Selection in Supply Chain Management", *International Journal of Production Economics*, Vol. 102, No. 2, pp.289-301.
- DURSUN, M., KARSAK, E. E. (2010), "A Fuzzy MCDM Approach for Personnel Selection", *Expert Systems with Applications*, Vol.37, No. 6, pp.4324-4330.
- ECER, F. (2006), "Bulanık Ortamlarda Grup Kararı Vermeye Yardımcı Bir Yöntem: Fuzzy TOPSIS ve Bir Uygulama", *Dokuz Eylül Üniversitesi İşletme Fakültesi Dergisi*, Cilt 7, Sayı 2, Sayfa 77-96.
- ER, Z., ÇELİK, M. (2005), "Definitions of Human Factor Analysis for the Maritime Safety Management Process", *Proceedings of the IAMU 6TH Annual General Assembly and Conference*, pp.235-243, Sweden.
- FENGURU, XI, LILI, Z. (2011), "A Personnel Selection Model Based on TOPSIS", *Management Science and Engineering*, Vol. 5, No. 3, pp.107- 110.
- FIŞKIN, R., ZORBA, Y. (2015), "An Analysis of The Effects of Major Oil Companies on Crew Selection Criteria for Tanker Operating Ship Management Companies", *Dokuz Eylül Üniversitesi, Denizcilik Fakültesi Dergisi*, Cilt 7, Sayı 2, Sayfa 154-170.

16. HANHAN, U. (2006), "Uluslararası Denizcilikte Donatan İşletmelerinin Personel Seçim Ölçütleri: İzmir Bölgesi Analizi", Tezsiz Yüksek Lisans Projesi, Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İzmir.
17. HWANG, C. L., YOON, K. (1981), *Multiple Attribute Decision Making – Methods and Applications A State-of-the-Art Survey*, Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems, Springer-Verlag, New York.
18. JIANG, J., CHEN, Y. W., CHEN, Y. W., YANG, K. W. (2011), "TOPSIS with Fuzzy Belief Structure for Group Belief Multiple Criteria Decision Making", *Expert Systems with Applications*, Vol. 38, No. 8, pp.9400-9406.
19. KAPTANOĞLU, D., ÖZOK, F. A. (2006), "Akademik Performans Değerlendirmesi İçin Bir Bulanık Model", *İTÜ Dergisi/d mühendislik*, Cilt 5, Sayı 1, pp.193-204.
20. KARSAK, E. E. (2001), "Personnel Selection Using A Fuzzy MCDM Approach Based on Ideal and Anti-ideal Solutions", *Multiple Criteria Decision Making in the New Millennium*, Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems, Springer, Berlin, Vol. 507, pp. 393-402.
21. KELEMENIS, A., ASKOUNIS, D. (2010), "A New TOPSIS-Based Multi-Criteria Approach to Personnel Selection", *Expert Systems with Applications*, Vol. 37, No. 7, pp.4999-5008.
22. KELEMENIS, A., ERGAZAKIS, K., ASKOUNIS, D. (2011), "Support Managers' Selection Using An Extension of Fuzzy TOPSIS", *Expert Systems with Applications*, Vol. 38, No. 3, pp.2774-2782.
23. KOYUNCU, O., ÖZCAN, M. (2014), "Personel Seçim Sürecinde Analitik Hiyerarşi Süreci ve TOPSIS Yöntemlerinin Karşılaştırılması: Otomotiv Sektöründe Bir Uygulama", *H.Ü. İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, Cilt 32, Sayı 2, Sayfa 195-218.
24. MAHAPATRA, S., MAHAPATRA, S. S. (2009), "A Fuzzy Multi-Criteria Decision Making Approach for Supplier Selection in Supply Chain Management", *African Journal Of Business Management*, Vol. III, No. 4, pp.168-177.
25. MATIN, H. Z., FATHI, M. R., ZARCHI, M. K., AZIZOLLAHI, S. (2011), "The Application of Fuzzy TOPSIS Approach to Personnel Selection for Padir Company Iran", *Journal of Management Research*, Vol. 3, No. 2, pp.1-14.
26. PARKER, C. J. (2001). "Shipping and the Human Factor, Seaways", *The Nautical Institute*, Vol. 11, pp.4-8.
27. PEREZ, L. A., MARTINEZ, E. Y. V., MARTINEZ, J. H. (2012), "A New Fuzzy TOPSIS Approach to Personnel Selection with Veto Threshold and Majority Voting Rule", *11th Mexican International Conference on Artificial Intelligence*, IEEE Computer Society, pp.105- 110.
28. POLYCHRONIOU, P. V., GIANNIKOS, I. (2009), "A Fuzzy Multicriteria Decision-Making Methodology for Selection of Human Resources in A Greek Private Bank", *Career Development International*, Vol.14, No. 4, pp.372-387.
29. SAGHAFIAN, S., HEJAZI, S. R. (2005), "Multi-Criteria Group Decision Making Using a Modified Fuzzy TOPSIS Procedure", *International Conference on Computational Intelligence for Modelling, Control and Automation and International Conference on Intelligent Agents, Web Technologies and Internet Commerce (CIMCA-IAWTIC'06)*, Vienna, pp. 215-221.
30. SÖĞÜT, O. S., TÜRKAY, F. (1997), *Uluslararası Güvenlik Yönetimi (ISM) Kodu IMO Uygulama Esasları*, İstanbul.
31. TRIANTAPHYLLOU, E., SHU, B., SANCHEZ, S. N., RAY, T. (1998), "Multi-Criteria Decision Making: An Operations Research Approach", *Encyclopedia of Electrical and Electronics Engineering*, Vol.15, pp.175-186.
32. WU, B., WINCHESTER, N. (2005), "Crew Study of a Seafarer: A Methodological Approach to The Global Labour Market for Seafarers", *Marine Policy*, Vol. 29, No. 4, pp.323-330.
33. WILLINGALE, M. (1998), *Ship Management*, 3. Edition, LLP: London, Hong Kong.
34. WANG, Y. M., ELHAG, T. M. S. (2006), "Fuzzy TOPSIS Method Based on Alpha Level Sets With an Application to Bridge Risk Assessment", *Expert Systems with Applications*, Vol. 31, No. 2, pp.309-319.

