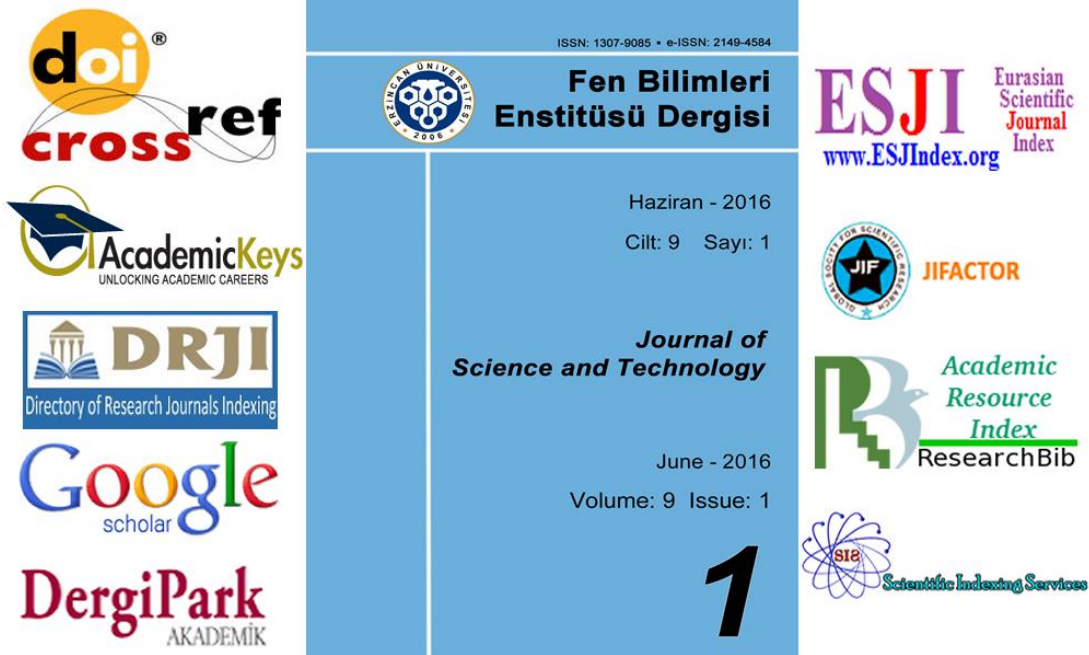




# Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi

Cilt: 9, Sayı: 1, Yıl: 2016



## İletişim

Adres: Erzincan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğü

Eğitim Fakültesi Bina, Kat: 2, A4 Blok, Yalnızbağ Yerleşkesi, ERZINCAN, TÜRKİYE

Telefon: 0(446) 224 26 10

Faks: 0(446) 224 26 11

E-Posta: fbedergi@erzincan.edu.tr

Web: <http://dergipark.ulakbim.gov.tr/erzifbed>

ISSN: 1307-9085 | e-ISSN: 2149-4584

Hakemli bir dergi olan Erzincan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, yılda iki kez yayınlanmaktadır.



# Journal of Science and Technology

Volume: 9, Issue: 1, Year: 2016

doi<sup>®</sup>  
crossref

AcademicKeys  
UNLOCKING ACADEMIC CAREERS

DRJI  
Directory of Research Journals Indexing

Google  
scholar

DergiPark  
AKADEMİK

ISSN: 1307-9085 • e-ISSN: 2149-4584

ERZİNCAN ÜNİVERSİTESİ  
2006

Fen Bilimleri  
Enstitüsü Dergisi

Haziran - 2016  
Cilt: 9 Sayı: 1

Journal of  
Science and Technology

June - 2016  
Volume: 9 Issue: 1

1

ESJI  
Eurasian  
Scientific  
Journal  
Index  
www.ESJIndex.org

JIFACTOR

Academic  
Resource  
Index  
ResearchBib

Scientific Indexing Services

## Contact

Adress: Erzincan University Graduate of Natural and Applied Science  
Faculty of Education, Floor: 2, Block: A4, Yalnızbag Campus, ERZİNCAN, TURKEY

Telephone: +90(446) 224 26 10

Fax: +90(446) 224 26 11

Email: [fbedergi@erzincan.edu.tr](mailto:fbedergi@erzincan.edu.tr)

Web: <http://dergipark.ulakbim.gov.tr/erzifbed>

ISSN: 1307-9085 | e-ISSN: 2149-4584

Erzincan University Journal of Science and Technology is a peer review journal  
published twice a year in June and December.

# Erzincan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi

## Sahibi

Prof. Dr. Ali SÜLÜN, Erzincan Üniversitesi

## Editör

Yrd. Doç. Dr. Etem OSMA, Erzincan Üniversitesi

## Yayın Kurulu

Doç. Dr. İbrahim İlker ÖZYİĞİT, Marmara Üniversitesi

Yrd. Doç. Dr. Ülkühan YAŞAR, Bartın Üniversitesi

Doç. Dr. Ekrem KÖKSAL, Erzincan Üniversitesi

Yrd. Doç. Dr. Aslıhan KURNUÇ SEYHAN, Erzincan Üniversitesi

Doç. Dr. Murat ÇETİN, Erzincan Üniversitesi

Yrd. Doç. Dr. Ertuğrul FİLİZ, Düzce Üniversitesi

Doç. Dr. Çağrı ÇIRAK, Erzincan Üniversitesi

Yrd. Doç. Dr. Gültekin BASMACI, Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi

Yrd. Doç. Dr. Mustafa KUDU, Erzincan Üniversitesi

Doç. Dr. Seracettin ARASAN, Atatürk Üniversitesi

Yrd. Doç. Dr. Ersen YILMAZ, Uludağ Üniversitesi

## Danışma Kurulu

Prof. Dr. Ziya B. GÜVENÇ, Çankaya Üniversitesi

Prof. Dr. Durmuş Ali BAL, Erzincan Üniversitesi

Prof. Dr. Mahir ALKAN, Balıkesir Üniversitesi

Prof. Dr. Orhan ERMAN, Fırat Üniversitesi

Prof. Dr. Abdurrahman GÜNER, Namık Kemal Üniversitesi

Prof. Dr. Bedri YÜKSEL, Balıkesir Üniversitesi

Prof. Dr. Ali ERİŞEN, Kırıkkale Üniversitesi

Prof. Dr. Yusuf Ali KARA, Bursa Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Ahmet GÜRSES, Atatürk Üniversitesi

Prof. Dr. Duran ALTIPARMAK, Gazi Üniversitesi

Prof. Dr. Bekir AKTAŞ, Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü

Prof. Dr. Ahmet AKSOY, Akdeniz Üniversitesi

Prof. Dr. Doğan KAYA, Fırat Üniversitesi

Prof. Dr. Recep POLAT, Erzincan Üniversitesi

Prof. Dr. Ekrem SAVAŞ, İstanbul Ticaret Üniversitesi

Prof. Dr. Meral ÜNAL, Marmara Üniversitesi

Prof. Dr. Hüseyin AYDIN, Atatürk Üniversitesi

Prof. Dr. Engin ÖZKAN, Erzincan Üniversitesi

Prof. Dr. Salih DOĞAN, Erzincan Üniversitesi

Prof. Dr. Ahmet DURAN, Selçuk Üniversitesi

Prof. Dr. Mustafa SÖZEN, Karaelmas Üniversitesi

Prof. Dr. Todd Alan ANDERSON, Texas Tech Üniversitesi

Prof. Dr. Sedat YÖRÜK, Atatürk Üniversitesi

Prof. Dr. Mustafa SOYLAĞ, Erciyes Üniversitesi

Prof. Dr. Ali Ercan EKİNCİ, Erzincan Üniversitesi

Prof. Dr. Ali KANDEMİR, Erzincan Üniversitesi

Prof. Dr. Yusuf ŞAHİN, Atatürk Üniversitesi

Prof. Dr. Paşa YALÇIN, Erzincan Üniversitesi

Prof. Dr. Adil DENİZLİ, Hacettepe Üniversitesi

Doç. Dr. Mehmet BEKDEMİR, Erzincan Üniversitesi

Yrd. Doç. Dr. İsmet ULUSU, Erzincan Üniversitesi

# Erzincan University Journal of Science and Technology

## Owner

Prof. Dr. Ali SÜLÜN, Erzincan University

## Editor

Assist. Prof. Dr. Etem OSMA, Erzincan University

## Editorial Board

Assoc. Prof. Dr. İbrahim İlker ÖZYİĞİT, Marmara University

Assoc. Prof. Dr. Ekrem KÖKSAL, Erzincan University

Assoc. Prof. Dr. Murat ÇETİN, Erzincan University

Assoc. Prof. Dr. Çağrı ÇIRAK, Erzincan University

Assist. Prof. Dr. Mustafa KUDU, Erzincan University

Assist. Prof. Dr. Ersen YILMAZ, Uludağ University

Assist. Prof. Dr. Ülkühan YAŞAR, Bartın University

Assist. Prof. Dr. Ashhan KURNUÇ SEYHAN, Erzincan University

Assist. Prof. Dr. Ertuğrul FİLİZ, Düzce University

Assist. Prof. Dr. Gültekin BASMACI, Mehmet Akif Ersoy University

Assoc. Prof. Dr. Seracettin ARASAN, Atatürk University

## Advisory Board

Prof. Dr. Ziya B. GÜVENÇ, Çankaya University

Prof. Dr. Mahir ALKAN, Balıkesir University

Prof. Dr. Abdurrahman GÜNER, Namık Kemal University

Prof. Dr. Ali ERİŞEN, Kırıkkale University

Prof. Dr. Ahmet GÜRSES, Atatürk University

Prof. Dr. Bekir AKTAŞ, Gebze High Technology Institute

Prof. Dr. Doğan KAYA, Fırat University

Prof. Dr. Ekrem SAVAŞ, Istanbul Commerce University

Prof. Dr. Hüseyin AYDIN, Atatürk University

Prof. Dr. Salih DOĞAN, Erzincan University

Prof. Dr. Mustafa SÖZEN, Karaelmas University

Prof. Dr. Sedat YÖRÜK, Atatürk University

Prof. Dr. Ali Ercan EKİNCİ, Erzincan University

Prof. Dr. Yusuf ŞAHİN, Atatürk University

Prof. Dr. Adil DENİZLİ, Hacettepe University

Prof. Dr. Durmuş Ali BAL, Erzincan University

Prof. Dr. Orhan ERMAN, Fırat University

Prof. Dr. Bedri YÜKSEL, Balıkesir University

Prof. Dr. Yusuf Ali KARA, Bursa Tech University

Prof. Dr. Duran ALTIPARMAK, Gazi University

Prof. Dr. Ahmet AKSOY, Akdeniz University

Prof. Dr. Recep POLAT, Erzincan University

Prof. Dr. Meral ÜNAL, Marmara University

Prof. Dr. Engin ÖZKAN, Erzincan University

Prof. Dr. Ahmet DURAN, Selçuk University

Prof. Dr. Todd Alan ANDERSON, Texas Tech University

Prof. Dr. Mustafa SOYLAK, Erciyes University

Prof. Dr. Ali KANDEMİR, Erzincan University

Prof. Dr. Paşa YALÇIN, Erzincan University

Assoc. Prof. Dr. Mehmet BEKDEMİR, Erzincan University

Assist. Prof. Dr. İsmet ULUSU, Erzincan University

## İçindekiler/Contents

Makaleler/Articles	Sayfa/Pages
<b>Kas Gevşetici Etki Gösteren ve Anksiyolitik Özelliğe Sahip Bir Etken Madde Olan Mefenoksalon'un Mutajenik Aktivitesinin Ames/Salmonella/Mikrozom Yöntemi ile Test Edilmesi</b> Investigation of Mutagenic Activity of Mephenoxalone as a Muscle Relaxant and Mild Anxiolytic with Ames/Salmonella/Microsome Test (Araştırma Makalesi / Research Article) Mehmet ARSLAN, Nurcan ERBİL	1-7
<b>Erzincan'da Doğal Gaz Kullanımının Hava Kalitesine Etkisi</b> The Effect on Air Quality the Usage of Natural Gas in Erzincan (Araştırma Makalesi / Research Article) Murat ÇETİN, Oğuz Kürşat DEMİRCİ	8-18
<b>Pamuklu Kumaş Üzerinde CI Reaktif Kırmızı 194 Boyasının Relatif Fiksaj, Haslık ve K/S Renk Verimi</b> Relative Fixation, Fastness and K/S Color Strength of CI Reactive Red 194 Dye on Cotton Fabric (Araştırma Makalesi / Research Article) Ağâh Oktay ÖZDEMİR, Mustafa TUTAK	19-28
<b>Bütünüyle Katı Hal PVC Membran İsoniazid-Seçici Potansiyometrik Sensör</b> All-Solid-State PVC Membrane Isoniazid-Selective Potentiometric Sensor (Araştırma Makalesi / Research Article) Fatih ÇOLDUR, Hakan BOZ, Ahmet ÖNDER	29-39
<b>Fabrication of A Superhydrophobic Surface with Silica Nanoparticles and Polytetrafluoroethylene</b> Silika Nanoparçacık ve Politetraforoetilen Kullanarak Süperhidrofobik Yüzey Fabrikasyonu (Araştırma Makalesi / Research Article) Somaiyeh JAFARPOUR, Mehmet ERTUGRUL	40-45
<b>Farklı Hammadde Kaynaklarından Kitinin Saflaştırılması ve Tekstil Uygulamaları</b> Purification of the Chitin from Different Sources Material and Textile Applications (Derleme Makalesi / Review Article) İbrahim ÜÇGÜL, Sultan ARAS, Dicle ÖZDEMİR KÜÇÜKÇAPRAZ	46-56
<b>Erzincan Kenti Açık-Yeşil Alanlarında Kullanılan Bitkisel Materyalin Belirlenmesi</b> Determination of Plant Material Used in Erzincan City Open Green Spaces (Araştırma Makalesi / Research Article) Gökhan ASKAN, Hasan YILMAZ	57-74
<b>İplik Sürtünme Özelliklerinin İncelemesinde Kaba Kümeler Yaklaşımı</b> Rough Sets Approach in Analysis of Yarn Friction Properties (Araştırma Makalesi / Research Article) Caner ERDEN, Mahmadjon NAZAROV	75-86
<b>Okyanus Termal Enerji Dönüşüm (OTEC) Sistemi</b> Ocean Thermal Energy Conversion (OTEC) System (Araştırma Makalesi / Research Article) İbrahim ÜÇGÜL, Ufuk ELİBÜYÜK	87-94
<b>On the a New Family of k-Fibonacci Numbers</b> k-Fibonacci Sayılarının Yeni Bir Ailesi Üzerine (Araştırma Makalesi / Research Article) Yasemin TAŞYURDU, Nurdan ÇOBANOĞLU, Zülküf DİLMEN	95-101

## Kas Gevşetici Etki Gösteren ve Anksiyolitik Özelliğe Sahip Bir Etken Madde Olan Mefenoksalon'un Mutajenik Aktivitesinin Ames/Salmonella/Mikrozom Yöntemi İle Test Edilmesi

Mehmet ARSLAN<sup>1</sup>, Nurcan ERBİL<sup>1\*</sup>

Ardahan Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Yüksekokulu, Hemşirelik Bölümü, Ardahan, TÜRKİYE

(Geliş Tarihi/Received: 19.02.2016, Kabul Tarihi/Accepted: 11.03.2016)

### ÖZET

Bu çalışmada kas gevşetici bir ilaç etken maddesi olan Mefenoksalon (Dorsilon®)'un mutajenik etki potansiyeli, Ames test yöntemi kullanılarak *Salmonella typhimurium* TA 98 ve TA 100 suşları yardımı ile test edilmiştir. Çalışmalar esnasında *Salmonella typhimurium* TA 98 ve TA 100 suşları Mefenoksalon (Dorsilon®)'un altı farklı dozu ile muamele edilmiş olup, sonuçta Mefenoksalon (Dorsilon®)'un kullanılan hiçbir dozunun çerçeve kayması ve baz çifti değişimi mutasyonlarına neden olmadığı tespit edilmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Mefenoksalon, Ames testi, Mutajen etki, *Salmonella typhimurium*

### Investigation of Mutagenic Activity of Mephenoxalone as a Muscle Relaxant and Mild Anxiolytic with Ames/Salmonella/Microsome Test

### ABSTRACT

In this study, Mephenoxalone (Dorsilon®) which is a muscle relaxant and mild anxiolytic were tested for its potencial muganic activity in TA 98 and TA 100 strains of *Salmonella typhimurium* by using Amest test. TA 98 and TA 100 strains of *Salmonella typhimurium* were exposed to six doses of Mephenoxalone (Dorsilon®). Consequently, it was determined that none of these doses used in this study caused frame-shift mutations and base pair substitution mutations.

**Keywords:** Mephenoxalone, Ames test, Mutagenic effect, *Salmonella typhimurium*

### 1. Giriş

Mefenoksalon kas gevşetici (Magnenat, 1961) ve anksiyolitik olan bir etken maddedir (Tablo 1). Bu madde nöron iletimini inhibe eder ve refleks arkını inhibe ederek iskelet kasını gevşetir. Kas gevşetici olarak mefenoksalon mental durumu etkiler ve asabiyet ve anksiyete için de bir iyileştirme sağlar (URL, 2016). Mefenoksalonun sentezi Lunsford tarafından rapor edilmiştir (Lunsford vd., 1960); ancak bunun dışında literatürde mefenoksalon sentezi ile ilgili

sadece birkaç tane çalışma bulunmaktadır (Takahashi vd., 1990; Vigroux vd., 1995; Lee vd., 2003; Bredikhin vd., 2007).

Kimyasal maddelerin birçoğu canlılar üzerinde genotoksik ve karsinojenik etkiye sahiptir. Dolayısıyla bu maddelerin canlılar üzerinde mutajenik etki de gösterebilecekleri kabul edilmektedir. İnsanların bu tarz kimyasal maddelerin karsinojenik ve mutajenik etkilerinden korunabilmesi için bu maddelerin tespit edilmesi ve etkilerinin test edilmesi önem taşımaktadır (Levin ve

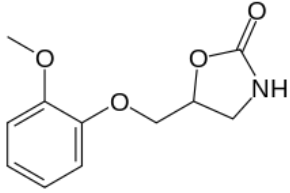
Ames, 1986; Lawley, 1989; Hansch, 1991; Anders ve Dekont, 1994). Dünya Sağlık Örgütü (WHO) de tıp, eczacılık ve kozmetik alanında kullanılmak üzere sentezlenmiş olan kimyasal maddelerin kullanılmadan önce mutajenik etkilerinin var olup olmadığı konusunda test edilmesini zorunlu kılmıştır.

## 2. Materyal ve Metot

### 2.1. Test Maddesinin Hazırlanması

Bu çalışmada test maddesi olarak Mefenoksalon (Dorsilon®) kullanılmıştır. Çözücü olarak dimetil sülfoksit (DMSO) kullanılmış olup, 200 mg Mefenoksalon (Dorsilon®) tablet 2 ml DMSO (dimetil

**Tablo 1.** Mefenoksalona ait kimyasal bilgiler

Kimyasal Yapısı	Kimyasal Formülü	Moleküler Ağırlığı	CAS No	Sistemik (IUPAC) Adı
	C <sub>11</sub> H <sub>13</sub> NO <sub>4</sub>	223.225 g/mol	70-07-5	5-[(2-methoxyphenoxy)methyl]-1,3-oxazolidin-2-one

sülfoksit) içerisinde çözülerek stok solüsyon hazırlanmıştır.

## 2.2. Ames/Salmonella/Mikrozom Testi

### 2.2.1. Test suşları

Bu çalışmada *Salmonella typhimurium*'un TA 98 ve TA 100 suşları kullanılmıştır. Bunlardan TA 98 suşu çerçeve kayması, TA 100 suşu ise baz çifti değişimi mutasyonlarına neden olan ajanlara karşı duyarlılık göstermektedir. Bu test suşları düzenli olarak Rfa mutasyonu, R faktör varlığı, kristal viyole duyarlılığı, histidin ihtiyacı, UVr B mutasyonu, ampisiline dirençlilik ve spontan geri dönüş oranları için Maron ve Ames (1983) tarafından önerilen metoda göre kontrol edilmiştir.

### 2.2.2. Sitotoksik etkinin belirlenmesi

Mefenoksalon (Dorsilon®)'un *Salmonella typhimurium*'un TA 98 ve TA 100 suşları üzerinde öldürücü olmayan dozlarının belirlenmesi amacıyla, 2 ml top agar içerisine 16 saat süre ile inkübe edilmiş olan bakteri kültürlerinin her birinden 100 µl ve Mefenoksalon (Dorsilon®)'un değişik derişimlerdeki çözeltisinden eklenmiştir. Bu karışım homojen bir hale getirildikten sonra MGA besiyeri içeren petrilere dökülerek 37 °C'de 48-72 saat süre ile inkübe edilmiştir. İnkübasyon sonrasında test maddesi içeren plaklarda gelişen koloni sayıları kontrol plakları ile karşılaştırılmış ve böylece toksik özellik göstermediği belirlenen altı doz tespit edilmiştir (0.1, 1, 10, 100, 1000, 10000 µg/petri). Analizler bu dozlar ile yapılmıştır. Sitotoksik doz, LD<sub>50</sub>'nin altında olması

gerekir. Deneme plaklarındaki koloni sayısı kontrol plağındaki koloni sayısının yarısının altında olmaması durumunda, doz toksik olarak kabul edilmemektedir.

### 2.2.3. Mutajenite testi

Mutajenite testi Maron ve Ames (1983) tarafından belirtilen metoda göre plak inkorporasyon tekniğı ile yapılmıştır. Analizler esnasında içerisine histidin ve biyotin eklenmiş olan 2 ml top agar içerisine 16 saat süre ile inkübe edilmiş olan bakteri kültürlerinin (yaklaşık  $1 \times 10^9$  bakteri/ml) her birinden 100 µl ve Mefenoksalon (Dorsilon®)'un belirtilen dozlarından 100 µl eklenerek homojen olarak karıştırıldıktan sonra MGA besiyeri içeren petrilere dökülmüştür. Ayrıca pozitif kontrol olarak TA 98 suşu için 4-nitro-o-phenylenediamine (4-NPD) (100 µg/petri), TA 100 suşu için ise sodyum azid (SA) (10 µg/petri) kullanılmış olup; çözücü kontrol olarak ise DMSO (dimetil sülfoksit) (100 µL/petri) kullanılmıştır. Çalışmalar üç tekrar olarak yapılmış olup, ekimler sonrasında petri 37 °C'de 48-72 saat süre ile inkübe edilmiştir.

### 2.2.4. İstatistiksel analizler

Analizler sonucunda Mefenoksalon (Dorsilon®)'un etkisiyle gelişen revertant koloniler sayılmıştır. Elde edilen değerler neticesinde, kontrol plakları ile Mefenoksalon (Dorsilon®)'un farklı dozlarının çalışıldığı plaklarda gelişen kolonilerin sayıları arasındaki farkın önemli olup olmadığı SPSS paket istatistik programında ANOVA (Dunnett Testi) test metodu kullanılarak belirlenmiştir.

## 3. Bulgular

Bu çalışmada elde edilen veriler incelendiğinde *Salmonella typhimurium*'un TA 98 ve TA 100 suşlarında Mefenoksalon (Dorsilon®)'un denenen tüm dozları için revertant koloni sayısının kontrol ve çözücü kontrole göre önemli seviyede bir artış göstermediğı belirlenmiştir. ( $P>0.05$ ). Tablo 2 incelendiğinde TA 98 suşunda revertant koloni sayısında 1 µg ve 100 µg dışındaki tüm dozlarda çok hafif bir artış meydana geldiğı gözlenirken, bu artışların istatistiksel olarak anlamlı olmadığı belirlenmiştir. TA 100 suşunda ise kontrol ve çözücü (DMSO/dimetil sülfoksit) kontrole göre sadece 1000 µg'da revertant koloni sayısında hafif bir artışın meydana geldiğı tespit edilmiş; ancak bu artışın da istatistiksel olarak anlamlı olmadığı belirlenmiştir. Ayrıca test gruplarındaki revertant koloni sayısının, pozitif kontrol ile muamele edilen gruplara nazaran önemli derecede düşük çıktığı belirlenmiş olup (Tablo 2), bu önemli düşüş mutajenik olmayan kimyasallar için beklenen bir sonuçtur.

Sonuç olarak analizler neticesinde, Mefenoksalon (Dorsilon®)'un uygulanan farklı dozlarının *Salmonella typhimurium*'un TA 98 ve TA 100 suşları üzerinde herhangi bir mutajenik aktiviteye sahip olmadığı tespit edilmiştir.

## 4. Sonuçlar ve Tartışma

Ames/Salmonella/Mikrozom yönteminde test edilen maddenin etkisiyle gelişen revertant kolonilerin sayısında doza bağılı olarak bir artış meydana gelmişse ve revertant kolonilerin sayıları çözücü kontrol



grubunda gelişen bakterilerin sayıları ile belirlenmiş sınırlar içerisinde mümkündür. Bu karşılaştırıldığında en az bir doz için sınırlar TA 98 için 20-50 revertant/plak; TA istatistiksel olarak anlamlı bir fark 100 için 75-200 revertant/plak'tır. gözlenebiliyorsa bu madde mutajen olarak Çalışmamızda belirlenen revertant koloni kabul edilmektedir. Mutant bakteri sayıları uygun değerde bulunmuştur (Maron suşlarının kendiliğinden (spontan) his (-) ve Ames, 1983; Mortelmans ve Zeiger, durumundan his (+) durumuna dönüşmesi 2000).

**Tablo 2.** Mefenoksalon (Dorsilon®)'un farklı dozlarının *Salmonella typhimurium*'un TA 98 ve TA 100 suşları üzerindeki mutajenik etkileri

Test Maddesi	Konsantrasyon	Revertant koloni±SS <sup>(5)</sup>	
		TA 98	TA 100
Kontrol		16 ± 0,577	99 ± 1,15
Çözücü Kontrol (DMSO) <sup>(1)</sup>	100 µL/petri	13 ± 2,52	120,33 ± 2,91
4-NPD <sup>(2)</sup>	100 µg/petri	2523 ± 29,4 <sup>a3</sup>	-
SA <sup>(3)</sup>	10 µg/petri	-	1482 ± 20,8 <sup>a3</sup>
Mefenoksalon <sup>(4)</sup>	0,1 µg/petri	21,67 ± 2,03 <sup>c3</sup>	93 ± 2,89 <sup>c3</sup>
Mefenoksalon	1 µg/petri	12 ± 1,15 <sup>c3</sup>	89 ± 6,35 <sup>c3</sup>
Mefenoksalon	10 µg/petri	18 ± 4,04 <sup>c3</sup>	85,67 ± 6,01 <sup>c3</sup>
Mefenoksalon	100 µg/petri	15,67 ± 1,45 <sup>c3</sup>	85,7 ± 19,1 <sup>c3</sup>
Mefenoksalon	1000 µg/petri	19 ± 3,21 <sup>c3</sup>	125,3 ± 18,0 <sup>c3</sup>
Mefenoksalon	10000 µg/petri	27,3 ± 10,2 <sup>c3</sup>	90 ± 13,7 <sup>c3</sup>

\*Revertant kolonilerin tespiti için toplam üç petri kutusu değerlendirilmiştir.

(1): dimetil sülfoksit; (2): 4-nitrophenylene daimine; (3): Sodyum azid; (4): Mefenoksalon (Dorsilon®); (5): Standart sapma; a: kontrol ile aradaki fark önemli; b: çözücü kontrol ile aradaki fark önemli; c: Pozitif kontrol ile aradaki fark önemli; a<sup>1</sup>b<sup>1</sup>c<sup>1</sup>: P<0,05; a<sup>2</sup>b<sup>2</sup>c<sup>2</sup>: P<0,01; a<sup>3</sup>b<sup>3</sup>c<sup>3</sup>: P<0,001

Literatürde farklı kas gevşetici ilaçların mutajenik aktiviteleri ile ilgili bazı çalışmalarına rastlanmıştır. Kas gevşetici bir ilaç olan Diazepam'ın mutajenik aktivitesi ile ilgili yapılan bir çalışmada *Salmonella typhimurium*'un TA 98, TA 100, TA 1535, TA 1537 ve TA 1538 suşları ile geri mutasyon testi uygulanmış ve sonuçta metabolik aktivatör varlığında ve yokluğunda negatif sonuç verdiği belirlenmiştir. Aynı ilaç

*Saccharomyces cerevisiae* geri mutasyon testinde ise sadece metabolik aktivatör yokluğunda negatif sonuç vermiştir (Balbi vd., 1980). Benzer bir çalışmada ise Benzodiazepinler ve Benzodiazepin analoglarının çoğunun *Salmonella typhimurium*, *Escherichia coli* ve *Saccharomyces cerevisiae* geri mutasyon testlerinde metabolik aktivatör (S9 karışımı) varlığında ve yokluğunda negatif sonuç verdiği gözlenmiştir (Balbi vd., 1980; Staiano vd., 1984; Kier vd., 1986; Wakisaka ve Nishimoto, 1987; Stoyanov vd., 1987; Black vd., 1987; Yamakage vd., 1994; Chlopkiwicz vd., 2001; Brambillaa vd., 2007). Tarafımızca yapılan bu çalışmadan elde edilen sonuçlar ile literatürdeki bu çalışmaların sonuçları uygunluk göstermektedir.

Farklı kimyasal maddelerin mutajenik aktivitesi üzerine de çeşitli çalışmalar literatürde mevcuttur. Kutlu vd. (2011) tarafından yapılan bir çalışmada malaria hastalığının tedavisine yönelik olarak sentezlenmiş olan ilaç adayı üç farklı fenantren türevi mutajenik aktivite yönünden Ames/Salmonella/Mikrozom yöntemi kullanılarak incelenmiştir. Sonuçta ise metabolik aktivasyon yokluğunda, sentezlenen bileşiklerden yalnızca bir tanesinin çerçeve kayması mutasyonuna neden olduğunu, iki tanesinin ise baz çifti değişimi mutasyonuna neden olduğunu belirlemişlerdir. Metabolik aktivasyonlu ortamda ise iki maddenin TA 98 suşu için mutajenik aktivite sergilediğini tespit etmişlerdir.

dos Santos vd. (2010) tarafından yapılan bir çalışmada orak hücre anemisinin tedavisinde kullanılması planlanan bazı yeni bileşiklerin mutajenik aktivitelerini *Salmonella typhimurium*'un TA 98 ve TA 100 suşları üzerinde test etmişlerdir. Sonuçta test edilen kimyasal bileşenlerin 0-4.803 revertants/ $\mu$ mol arasında değişen oranlarda mutajenik potansiyele sahip olduğunu tespit etmişlerdir.

Silva vd. (2015) tarafından yapılan bir başka çalışmada ise çeşitli biyolojik aktivitelere sahip olan "sülfonamis kalkon N-{4[3-(4-nitrofenil)prop-2-enol]fenil}benzensülfonamid" (CPN)'in genotoksik, sitotoksik, antigenotoksik ve antisitotoksik özelliklerini *Salmonella typhimurium* geri mutasyon testi (Ames) ve fare kemik iliği mikronükleus testi ile çalışılmıştır. Sonuçlar göstermiştir ki CPN, *Salmonella typhimurium*'un TA 98 ve TA 100 suşlarının histidin revertant kolonilerinin sayısında küçük bir artışa neden olmuş; ancak bu artışın istatistiksel olarak anlamlı olmadığı belirlenmiştir.

Bir diğer çalışmada dokuz farklı sistostatik ilacın mutajenik etkisi Ames revizyon testi kullanılarak *Salmonella typhimurium* suşları ile çalışılmıştır. Çalışma sonucunda bu ilaçlardan 6-merkaptopürin, cloturin, adriamisin, mitoksantron, siklofosfamid ve lomustin'in mutajenik etkiye sahip olduğu; ancak butosin, orasin ve tris(2-kloroetil)amin'in negatif sonuç verdiği belirlenmiştir (Marhan, 1995).

Konu ile ilgili önceki çalışmalar incelendiğinde aynı test maddesinin farklı test yöntemleri ile denendiği zaman farklı sonuçlar verebildiği görülmektedir. Tarafımızca yapılan bu çalışmada Mefenoksalon (Dorsilon®)'un *Salmonella typhimurium*'un TA 98 ve TA 100 suşları üzerinde matajenik aktivite göstermediği belirlenmiştir. Bu sonuç çalışılan bu ilaç etken maddesinin bağımsız bir kişi/kuruluş tarafından test edilerek güvenilirliğinin ortaya konulması açısından önemli bir basamaktır. Ancak güvenilirliğinin tam olarak kanıtlanabilmesi için farklı test yöntemleri ile de test edilmesi gerekmektedir.

##### 5. Kaynaklar

Anders, M.W., Dekont, W. 1994. Conjugation-Dependent Carcinogenicity and Toxicity of Foreign Compounds. *Advance in Pharmacology*, 27, 511-519.

Balbi, A., Muscettola, G., Staiano, N., Martire, G., De Lorenzo, F.1980. Psychotropic drugs: evaluation of mutagenic effect. *Pharmacological Research Communications*, 12, 423-431.

Black, H., Szot, R., Arthaud, L., Massa, T., Mylecraine, L., Klein, M., vd. 1987. Preclinical safety evaluation of the benzodiazepine quazepam. *Arzneim - Forsch*, 37, 906-913.

Brambillaa, G., Carrozzinob, R., Martellia, A. 2007. Genotoxicity and carcinogenicity studies of benzodiazepines.

*Pharmacological Research*, 56(6), 443-458.

Bredikhin, A.A., Bredikhina, Z.A., Zakharychev, D.V., Pashagin, A.V. 2007. *Tetrahedron: Asymmetry*, 18, 1239.

Chlopkiewicz, B., Ejchart, A., Anuszewska, E. 2001. Tofisopam-evaluation of mutagenic and genotoxic properties. *Acta Poloniae Pharmaceutica*, 58, 31-34.

dos Santos, J.L., Varanda, E.A., Lima, L.M., Chin C.M., 2010. Mutagenicity of New Lead Compounds to Treat Sickle Cell Disease Symptoms in a *Salmonella* /Microsome Assay. *International Journal of Molecular Sciences*, 11, 779-788.

Hansch, C. 1991. Structure-Activity Relationships of Chemical Mutagens and Carcinogens. *The Science of The Total Environment*, 109, 17-29.

Kier, L., Brusick, D., Auletta, A., Halle, E.V., Brown, M., Simmon, V., et al. 1986. The *Salmonella typhimurium* /mammalian microsomal assay. A report of the U.S. Environmental Protection Agency Gene-Tox Program. *Mutation Research*, 168, 69-240.

Kutlu, M., Öztaş, E., Aydoğan, G., Işıkdag, İ., Özkay, Y. 2011. Bazı 9-Süstitüe Fenantren Türevlerinin Mutajenik Aktivitelerinin Ames /*Salmonella* /Mikrozom Testi ile Araştırılması. *Anadolu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi-C Yaşam Bilimleri ve Biyoteknoloji*, 1(1), 83-94.

- Lawley, P.D. 1989. Mutagens as Carcinogens: Development of Current Concepts. Mutation Research, 213, 3-25.
- Lee, F.Y., Huang, T., Chung, C.H. 2003. US Patent No. 6,562,980 B1.
- Levin, D.E., Ames, B.N. 1986. Classifying Mutagens as to Their Specificity in Causing The Six Possitive Transitions, Transversions A Simple Analysis Using The Mutagenity Assay. Environmental Mutagenesis, 8, 9-28.
- Lunsford, C.D. Mays, R.P. Richman, J.A., Murphey, R.S. 1960. Journal of the American Chemical Society, 82, 1166.
- Magenat, M. 1961. The utilization in psychotherapy of a tensiolytic agent with muscle relaxant effect, Control OM (mephenoxalone), alone or associated with thymoleptics. Therapeutische Umschau, Revue therapeutique, 18, 516-520.
- Marhan, J. 1995. Mutagenicity of Cytostatic Drugs in A Bacterial System .1. Ames Test. Folia Microbiologica, 40(5), 457-461.
- Maron, D., Ames, B. 1983. Revised methods for the Salmonella mutagenicity test. Mutation Research, 113, 173-215.
- Mortelmans, K., Zeiger, E.E. 2000. The Ames Salmonella/microsome mutagenicity assay. Mutation Research, 455(1-2), 29-60.
- Silva, C.R., Borges, F.F., Bernardes, A., Perez, C.N., Silva Dde, M., Chen-Chen, L. 2015. Genotoxic, Cytotoxic, Antigenotoxic, and Anticytotoxic Effects of Sulfonamide Chalcone Using the Ames Test and the Mouse Bone Marrow Micronucleus Test. Plos One, 10(9), e0137063.
- Staiano, M.N., Belisario, R., Morte, C.D., Farina, P., Rimondelli, G. 1984. Muscettola Mutagenic effects of flunitrazepam. Boll Soc It Biol Sper, 60, 2247-2253.
- Stoyanov, I., Nikolov, I., Chernozemskii, I., Stoichev, I. 1987. Assessment for mutagenicity of 10 pharmaceutical products following Ames, micronucleus, and sperm morphology testing. Toxic Assess, 2, 207-215.
- Takahashi, H., Sakuraba, S., Takeda, H., Achiwa, K. 1990. Journal of the American Chemical Society, 112, 5876.
- URL:<https://en.wikipedia.org/wiki/Mephenoxalone>, 27.01.2016.
- Vigroux, A., Bergon, M., Zedde, C. 1995. Journal of Medicinal Chemistry, 38, 3983.
- Wakisaka, Y., Nishimoto, Y. 1987. Mutagenicity study of a new sleep inducer, a 1H-1,2,4-triazolylbenzophenone derivative (450191-S) and its metabolite in bacteria. Iyakuin Kenkyu, 18, 12-20.
- Yamakage, K., Katoh, M., Sakamoto, K., Sasaki, K., Hashimoto, K., Ishihara, N., vd. 1994. Mutagenicity tests of clobazam. Iyakuin Kenkyu, 25, 874-885.

## Erzincan'da Doğal Gaz Kullanımının Hava Kalitesine Etkisi

Murat ÇETİN<sup>1\*</sup>, Oğuz Kürşat DEMİRCİ<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Erzincan Üniversitesi, MYO, Otomotiv Teknolojisi Programı, Erzincan, Türkiye

(Geliş Tarihi/Received: 13.04.2015, Kabul Tarihi/Accepted: 06.10.2015)

### ÖZET

Hava kirliliği dünyanın ortak problemidir, tüm canlıları direkt veya dolaylı olarak olumsuz yönde etkilemektedir. Erzincan'da kış aylarında genel olarak ısınma amacıyla kalitesiz kömür kullanılması ve olumsuz iklim faktörleri sonucu 2000'li yıllarda hava kirliliğinde artış başlamıştır. Şehir yapılanması düzenli olmasına rağmen, şehrin bir ova içinde kurulu olması ve inversiyon tabakasının düşüklüğü, özellikle kış aylarında ısınmadan kaynaklanan hava kirliliğini yüksek değerlere ulaştırmaktadır. Bu çalışmada; Erzincan'da ısınma amaçlı fosil yakıt (genelde kömür) kullanımından bir diğer fosil yakıt olan doğal gaza geçiş ile birlikte hava kirlilik parametrelerindeki değişim incelenmiştir. Erzincan kent merkezinde; son 8 yıl içinde ısınma amaçlı doğal gaz kullanımı, doğal gaz kullanımının getirdiği avantajlar ile hava kirliliği üzerindeki olumlu yönde değişim ve hava kalitesindeki iyileşmeler baz alınmıştır. Doğal gaz kullanımı ile hava kirliliğinde azalma olduğu, SO<sub>2</sub> ve PM değerlerinin önceki yıllara göre ciddi düzeyde düştüğü tespit edilmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Erzincan, Hava Kirliliği, Hava Kalitesi, Şehir, Çevre, İnsan

### The Effect on Air Quality the Usage of Natural Gas in Erzincan

#### ABSTRACT

Air pollution is the world's common problems; all living beings are adversely affected directly or indirectly. Erzincan, depending on the overall quality of the coal used for heating in winter and adverse climatic factors increase in air pollution began in the 2000s. Although a regular city structuring, the low plains of the city being in an inversion layer and, in particular reached the high value of the air pollution caused by heating in the winter. In this study, Erzincan fossil fuels for heating purposes (mainly coal) changes in air pollution parameters were examined in conjunction with the transition to the use of natural gas. Erzincan city center; changes in air pollution and improvements in air quality with the advantages of using natural gas for heating purposes is based on the last 8 years. With the use of natural gas as a reduction in air pollution, SO<sub>2</sub> and PM values were determined as significant reduction in disease compared to previous years.

**Keywords:** Erzincan, Air Pollution, Air Quality, City, Environment, Human

#### 1. Giriş

Nüfus artışı, hastalıklar, küresel ısınma, ekonomik krizler gibi adı çağımızla özdeşleşen problemlerin başında çevre kirliliği gelir. Çevre kirliliği, atmosferik ortamda havanın içerdiği katı, sıvı veya gaz

şeklindeki madde miktarı ve çeşidinin ısınma, enerji üretimi ve ulaşım gibi değişik nedenlerle artarak çevredeki canlı ve cansız varlıklara zarar verecek düzeye çıkmasıdır. Enerji ve gıda tüketimindeki artışla gitgide daha da korkunç boyutlara ulaşan bu

problemde, insanoğlunun son 30 yıldaki ihtiras ve ihmallerinin rolü çok büyüktür. Çevre kirliliğinin tehlike sinyalleri verdiği günümüzde devletlerin konuyu kendi milli boyutları içersinde ele alıp, dünyanın ve insanlığın problemi olarak görmekten kaçınması, yeterli görüş açısı veya teknolojik perspektife sahip olmamalarından ziyade, milli menfaatlerini her zaman insanlığın ortak değerlerinin üzerinde tutma hırsı ve alışkanlıklarından doğmaktadır (Borat, 1992). Genel anlamda çevre kirliliği 19. yüzyıldan itibaren hızlı bir gelişme gösteren sanayileşme ile birlikte gündeme gelmeye başlamış, günümüzde kitlesel ölümlere neden olabilecek boyutlara yükselerek bütün dünyanın ortak problemi haline gelmiştir ve tüm canlıları direkt veya dolaylı olarak olumsuz yönde etkilemektedir. Sanayi tesislerinin bacalarından atmosfere bırakılan ve yağışlarla yeryüzüne asit yağmurları olarak geri dönüp doğal örtüyü tahrip eden zehirli emisyonlar, diğer yandan akarsulara ve denizlere deşarj edilen toksik unsurlu sıvı atıkların su kaynakları ve su altı dünyası üzerindeki zehirleyici etkileri, insan sağlığına ciddi zararlar vermekle birlikte, akarsu, göl ve topraklardaki canlı hayatını da olumsuz yönde etkilemektedir. 20. yüzyıl başından itibaren gelişen sanayileşme ile kuzey yarım kürede, özellikle gelişen ülkelerde kış aylarında konut ve işyeri ısıtma, enerji santralleri, endüstriyel tesis faaliyetleri ve taşımacılık amaçlı faaliyetlerin sonucunda çeşitli kirletici emisyonların atmosfere atıldığı bilinmektedir. Noktasal, çizgisel ve alansal olan bu kaynaklar; endüstri bölgelerinde ve trafiğin yoğun olduğu

yerlerde yıl boyu, yerleşim yerlerinde ise kış aylarında görülen hava kirliliğine yol açmaktadırlar. Bu kirletici emisyon düzeyini artıran temel faktörler; düşük kaliteli yakıt tüketimi, düzensiz kentleşme, endüstrileşme ve uygun olmayan yere endüstriyel tesis yapımı, topoğrafik yapı ve iklimdir (Müezzinoğlu, 1987; Borat, 1994; Kadı, 2000; Turan, 2012; Yıldız, 2012).

Yanma, yakıt özelliğine sahip kimyasal bileşenlerin oksijen veya hava ile reaksiyonudur. Yakıtlar genellikle yanabilen bileşen olarak karbon, hidrojen, az miktarda kükürt ve yanmayan bileşen olarak azot, su ve kül içerirler. Hava/yakıt oranı; üç ana kirletici olan karbonmonoksit (CO), hidrokarbon (HC), azotoksit (NO<sub>x</sub>) oluşumunda oldukça etkilidir. Yanma işlemi sonucu baca gazında oluşan azot (N), oksijen (O<sub>2</sub>), karbondioksit (CO<sub>2</sub>) ve su buharı (H<sub>2</sub>O) zararsız bileşikler olarak tanımlanan bileşiklerdir. Ayrıca yanma işlemi sonunda; karbonmonoksit (CO), hidrokarbon (HC), azotoksit (NO<sub>x</sub>), kükürtdioksit (SO<sub>2</sub>), partikül madde(PM) ve duman gibi zararlı bileşenlerde oluşmaktadır. Ayrıca kömür ve fuel-oil gibi yakıtlar yakıldığında en belirleyici sera gazı emisyonları olan karbondioksit (CO<sub>2</sub>), metan (CH<sub>4</sub>), azotoksit (NO<sub>x</sub>) ve kükürt(S) ile birlikte partikül madde (PM), kurum ve kül de oluşmaktadır. Bu hava kirletici emisyonlar; etki süresi, konsantrasyonu ve diğer karakteristiklerine bağlı olarak kısaca özetlenmiştir. Karbonmonoksit (CO); yanma işleminde yetersiz oksijenden dolayı karbonun tamamı oksitlenemediğinden meydana gelen zehirli

bir kirleticidir. Renksiz, kokusuz ve tatsız havadan hafif bir gazdır ve havada %0,3 değeri ve üzerinde bulunması halinde öldürücü etkiye sahiptir. Kükürtdioksit ( $SO_2$ ); yakıtların içindeki kükürdün oksitlenmesinden dolayı oluşur, renksizdir. Baca gazındaki partiküllerle etkisi güçlenerek solunum yollarında tahribat yapan geniz yakıcı ve gözlerde yanmalara neden olan oldukça etkili bir gazdır. Geleneksel fosil yakıtlar (petrol, kömür) %0,5 ila %6 arasında kükürt içerirler. Azotoksitler ( $NO_x$ ); en önemli kaynağı taşıt egzozu ve sabit yakma tesisleridir. Bu gazlar atmosferde doğal gaz çevrimine girerek, nitrik asit ( $HNO_3$ ) oluşumuyla sonuçlanan zincirleme reaksiyonları tamamlarlar. Kahverengi ve kokulu olan yüksek düzeydeki azotoksit ( $NO_x$ ) bileşiği konsantrasyonları solunum sistemini rahatsız eder, zehirlenme belirtileri gösterir, aşırı düzeyde maruz kalındığında öldürücü ciğer hastalıklarına ve felce yol açabilir. Uçucu Organik Bileşikler (UOB); akut ve kronik sağlık etkileri oluşturur. Düşük dozlardaki UOB'ler, astıma ve diğer bazı solunum yolu hastalıklarına sebep olur. UOB'ler yüksek konsantrasyonlarda, merkezi sinir sistemi üzerinde narkotik etki yaparlar. Partikül Maddeler (PM); partikül maddelerin fiziksel yapısı ve kimyasal kompozisyonu sağlık açısından oldukça önemlidir. Birçok farklı bileşenden oluşmuş olan partikül maddeler akciğerdeki nemle birleşerek aside dönüşmektedir. PM10 (aerodinamik çapları 10  $\mu m$  den daha küçük olan partiküller); akciğere kadar ulaşıp, kanın içindeki karbon dioksitin oksijene dönüşmesini yavaşlatarak

nefes darlığına sebep olmaktadır. Hidrokarbonlar (HC); yakıtın eksik yanması ve benzinin depodan veya dolum sırasında buharlaşması ile ortaya çıkar. Yüksek düzeyde yanmamış hidrokarbon konsantrasyonları sağlık için zararlıdır ve HC değeri 5000 ppm'i aşan ortamlarda canlıların yaşaması güçleşmektedir (Borat, 1992; Borat, 1994; Kadı, 2000; Turan, 2012; Yıldız, 2012).

Hava kirliliği; atmosferde toz, duman, gaz, su buharı şeklindeki kirleticilerin insanlar, canlılar ve doğal çevre üzerinde olumsuz etkiler yapacak ve onlara zarar verecek düzeye erişmesidir. Hava kirliliği sınır tanımayan, çevre üzerindeki etkileri küresel, bölgesel ve yerel ölçeklerde meydana gelen bir problemdir. Dünya Sağlık Örgütü' (WHO) 2011 yılı verilerine göre, dış ortam hava kirliliğinin dünya çapında yılda 1,3 milyon kişinin ölümüne neden olduğunu ve orta gelirli ülkelerin bu değerini çoğunluğunu oluşturduğunu rapor etmektedir. Hızlı ve plansız kentleşme, şehirlerin yanlış bölgelere kurulması, kalitesiz yakıt ve uygun olmayan yakma sistemleri kullanımı hava kirliliğinin artışına sebep olmaktadır. Hava kirliliğine bağlı olarak öksürük, bronşit, kalp hastalığı ve akciğer kanseri gibi hastalıklar artış göstermektedir. Hava kirliliğine bağlı etkiler ve sağlık sorunları sağlıklı kişilerde de görülmekle birlikte, özellikle yaşlılar ve çocuklar başta olmak üzere bazı gruplar için ciddi sağlık sorunları ortaya çıkarmaktadır. Genel olarak havadaki kirleticilerin sağlığa olumsuz etkileri; solunum fonksiyonlarında

bozulma, solunum sistemi hastalıklarında artış, kronik solunum sistemi hastalığı olan kişilerin hastalıklarının şiddetlenmesinde artış, kronik kalp hastalığı olan kişilerin hastalıklarının şiddetlenmesinde artış, kanser görülme sıklığında artış, erken ölümlerde artış olarak ifade edilebilir. Ayrıca dış ortam hava kirliliği yukarıda sıralanan doğrudan sağlık etkilerinin yanı sıra dolaylı olarak da içme ve sulama suyu kaynaklarına, bitki örtüsüne olumsuz etkiler yapmakla birlikte, mikro klima değişikliklerine de neden olur.(Müezzinoğlu, 1987; Borat, 1992; Borat, 1994; Kadı, 2000; Turan, 2012; Yıldız, 2012).

Hava kirliliği problemi yeni bir problem değildir ve tarihi oluşumuna bakıldığında 14. yüzyıl öncesi Londra'da kömür yanmasıyla meydana gelen duman ve kokular sonucunda halkın rahatsızlığı sonucu bu problemle mücadele için defalarca komisyonlar oluşturulmuştur. Kral 1.Edward: "Be it known to all within the sound of my voice, whosoever shall be found guilty of burning coal shall suffer the loss of his head" yani "Bu fermanımı duyan kim olursa olsun kömür yaktığında kafasının kesileceğini bile" şeklinde deklârasyon ilan etmiştir. Yirminci yüzyılın ilk yarısında hava kirliliği nedeniyle oluşan ilk kitlesel ölümün 1930 yılında Belçika'da Meus Nehri Vadisi'nde meydana geldiği ve bu olayda 63 kişinin öldüğü, 600 kişinin ise hastalandığı kaydedilmiştir. 1948 yılında, Donora Pensilvanya'da SO<sub>2</sub> konsantrasyonu 5500 µg/m<sup>3</sup>'e yükselmiş üç gün içinde 20 kişi ölmüş ve 6000 kişi hastalanmıştır.

Londra'da kalitesiz yakıt tüketimi nedeniyle hava kirliliğine bağlı bir afet 1952 yılında meydana gelmiş ve 4000 den fazla insan ölmüştür. Bu kitlesel ölümlerden sonra, konunun insan-toplum sağlığı yönünden de oldukça önemli ve hayati olduğu anlaşılmıştır. Londra afetinden birkaç yıl sonra konuya insan sağlığı açısından yaklaşan ve ciddi önlemler getiren ilk yasal düzenleme ise Hava Kirliliği Kontrol Kanunu adı altında 1955 yılında İngiltere'de kabul edilmiştir (Papacostas, 1993).

Erzincan il merkezinin topoğrafik yapısı ve coğrafi konumu, il genelinde şiddetli bir karasal iklim yaratır. Türkiye'nin sıcaklık ortalaması düşük illerinden biri olan Erzincan'da kışlar soğuk ve sert, yazlar ise sıcak ve kurak geçmektedir. Erzincan ilinde kış aylarında ısınma amacıyla yaygın olarak kullanılan sıvı fosil yakıt ve kalitesiz kömür, olumsuz iklim faktörlerinin de etkisiyle 1990'lı yıllarda hava kirliliğini artırmaya başlamıştır. Erzincan ili için kış ayları genelde ekim ayı sonunda başlar, mart ayı sonuna kadar sürer ve bu aralıkta ısınma amaçlı yakıt kullanımı devam eder. Erzincan'da düzenli bir şehir yapılanması olmasına rağmen şehrin dağlar ile çevrili bir ova içerisinde olması ve inversiyon tabakasının düşüklüğü özellikle kış aylarında ısınmadan kaynaklı hava kirliliğini yüksek değerlere ulaştırmaktadır (Erzincan Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü, 2012). Bu çalışmada; Erzincan'da ısınma amaçlı fosil yakıt (genelde kömür) kullanımından doğal gaza geçiş ile birlikte hava kirlilik parametreleri karşılaştırılarak, doğal gaz



kullanımının hava kirliliği üzerindeki iyileştirme etkisi incelenmiştir.

### 1.1. Doğal Gazın Yakıt Karakteristiği ve Çevre

Literatüre göre; ilk doğal gaz sızıntıları İran'da belirlenmiş, kullanımına ilk kez MÖ. 900'lü yıllarda Çin'de başlamıştır. 17. yüzyıldan itibaren Avrupa'da kullanılmaya başlamış ve ilk doğal gaz teknolojisinin geliştirilmesine de bu kıtada olmuştur. Kömürün damıtılmasından doğal gaz üretimi ilk defa İngiltere'de uygulanmış, 1800'lü yıllarda Avrupa ülkelerinde sanayi ve konutlarda yakıt olarak kullanım alanı bulmuştur. Modern anlamda üretimi 18. yüzyıl başlarında ABD'de Erie Gölü civarındaki sahalarda gerçekleştirilmiş, endüstriyel uygulaması 1840'lı yıllarda Batı Virginia'daki tuz yataklarında ve enerji üretim sektöründe ilk kez Amerika'da kullanılmıştır. Boru hattı taşımacılığıyla birlikte 1920 yıllarında artan doğal gaz kullanımı II. Dünya Savaşı'ndan sonra daha da gelişmiştir. Bugün dünyada üretilen tüm enerjinin yaklaşık %24'ü doğal gaz ile karşılanmaktadır. Günümüzde bilinen doğal gaz rezervleri yaklaşık 150 trilyon m<sup>3</sup> düzeyindedir ve bu rezervlerin ulaşılabilen %15'lik bölümü dahi dünya tüketimine yaklaşık 70 yıl yetebilecek durumdadır. Bilinen doğal gaz rezervleri petrol rezervlerine eşdeğerdir. Renksiz, kokusuz, nemsiz ve havadan hafif olan doğal gaz hidrojenle doymuş karbon molekülü ve bunun katlarından oluşmakta, doğada genellikle yer altında serbest halde gaz fazında ve eser miktarda hava içinde

bulunmaktadır. Çeşitli katmanlar arasında uçucu eleman veya karışım olarak çıkan doğal gazın bileşiminde %95 civarında metan (CH<sub>4</sub>), etan (C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>) propan (C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>), butan (C<sub>4</sub>H<sub>10</sub>) gibi doymuş alifatik hidrokarbonlar bulunur. Yer altındaki doğal gazın içinde ayrıca azot (N<sub>2</sub>), oksijen (O<sub>2</sub>), karbondioksit (CO<sub>2</sub>), hidrojen sülfür (H<sub>2</sub>S) ve kısmen helyum (He) gazları da yer almaktadır. Doğal gaz yatakları birbiri ile mukayese edildiğinde kimyasal yönden farklı bileşimlerden oluşmaktadır. Bununla birlikte dünyanın birçok doğal gaz yatağında yapılan çalışmalar metanın (CH<sub>4</sub>) doğal gaz rezervlerinde temel kimyasal bileşen olduğunu göstermektedir. Doğal gazlar hava kirliliğinde büyük rol oynayan kükürt ve kükürtdioksit içermezler. Doğal gaz doğada sıvı fazda bulunmaz, kaynama noktası -161,6 °C'dir. 254 litrelik doğal gaz yüksek basınç ile sıvı hale getirilerek 22 litreye kadar sıkıştırılabilir. Doğal gaz, basınç altında gaz fazında boru hatlarıyla, sıvı fazda tanker ve gemilerle taşınarak uzak tüketim noktalarına ulaştırılır. Sıkıştırılmış doğal gazın hacimce 200 kat, sıvılaştırılmış doğal gazın ise hacimce 600 kat az yer tutması, taşınabilirliğini avantajlı hale getirir. Doğal gazın yanma verimi %93 değerine kadar çıkmaktadır ve diğer yakıtlardan yüksektir. Doğal gaz yanması sonucu oluşan baca gazları içindeki karbondioksit(CO<sub>2</sub>) miktarı diğer fosil yakıtlara göre daha düşüktür. Bu nedenle doğal gaz yanması, diğer fosil yakıtların yanması ile açığa çıkan, küresel ısınma ve iklim değişikliklerine sebep olan "sera gazı etkisini" azaltır. Çevreyi kirleten ana faktörler kükürtoksitler, is, uçan küller

ve yanmamış gazlardır. Bu kirletici faktörler doğal gaz yanma ürünlerinde bulunmamaktadır. Yanma ürünleri içinde bulunan ve çevreye zarar veren diğer bileşen de azotoksitlerdir. Fuel oil veya kömür yakılması halinde kalorifer kazanı ısıtma yüzeyleri üzerinde kül ve kurum tabakası oluşması ısı geçişini engelleyerek kazan veriminin düşmesine sebep olduğundan kazan boruları düzenli olarak temizlenmek zorundadır. Doğal gazın temiz bir yakıt olmasından dolayı böyle bir sorun olmadığından kazan bakım ve işletmesi ömrünün uzun olması önemli bir avantaj sağlar. Bu nedenle mutfak gibi havalandırılabilen yaşam mahallerinde bile doğal gazlı cihazlar kullanılabilir. Doğal gaz kullanılması halinde yakıt hazırlama ve kül atma işlemlerine gerek olmadığından, doğal gaz yakıcıları tamamen otomatik kontrolle, insana gerek duymadan ve emniyetli bir şekilde çalışır, kendiliğinden devreye girip, devreden çıkabilirler (Müezzinoğlu, 1987; Borat, 1992; Gültekin, 1993; Borat, 1994; Kadı, 2000; Yıldız, 2012). Tablo 1' de doğal gazın temel bileşenleri verilmiştir.

Diğer taraftan, doğal gazın  $NO_x$  emisyonu değeri baca emisyonları içinde fuel-oil ve diğer katı yakıtlar ile kıyaslandığında çok düşük miktardadır. Teknolojik uygulamalar baca gazı içerisinde bulunan su buharıyla birleşerek nitrik asite dönüşen azotdioksitin zararlı etkilerini minimum düzeye indirir.

**Tablo 1.** Değişik doğal gaz yataklarında tespit edilmiş olan bileşenler (Borat, 1994).

Bileşen	%
Metan ( $CH_4$ )	70-90
Etan ( $C_2H_6$ )	5-15
Propan ( $C_3H_8$ ) ve Bütan ( $C_4H_{10}$ )	< 5
$CO_2$ , $N_2$ , $H_2S$ , vb.	Diğer

Doğal gazın bileşiminde yer alan bazı elemanlar hazne içerisinde gaz halinde bulunduğu halde, atmosfer koşullarında yoğunlaşarak sıvı ürünler verirler. Diğer yandan bazı doğal gaz türlerinde ise yüzeysel koşullarda sudan başka sıvı ürünler ortaya çıkmaz. Doğal gazlar, bileşimlerinde hidrojen sülfür ve karbondioksit içerip içermemelerine ve atmosfer koşullarında yoğunlaşan ürünler verip vermemelerine göre farklı türlere ayrılırlar. Petrol gibi, bir fosil enerji kaynağı olan doğal gaz, kül ve cüruf bırakmadan yanan, depolanma sorunu olmayan, daha da önemlisi, yanma sonucunda havayı kirleten kükürdioksit ve karbonmonoksit gazları çıkarmayan çevre dostu bir enerji kaynağıdır. Geleneksel katı ve sıvı yakıtların tamamı yanma sırasında atmosfere çevre ve insan sağlığı üzerinde zararlı etkileri bulunan değişik emisyon gazları salınımı yaparken temiz enerji olarak da adlandırılan doğal gazın çevre üzerinde kirletici etkileri yok denecek düzeydedir. Zehirleyici olmayan doğal gaz bulunduğu kapalı ortam hacmini yüksek oranda doldurduğunda boğucu olmaktadır. Bu nedenle doğal gaz kaçaklarının fark edilebilmesi için içerisine THT(tetra hidro

teofen) veya TBM(tersiyer bütül merkaptan) katılarak kokulandırılması sağlanmıştır. Türkiye, kömür potansiyeli açısından zengin olmakla birlikte kömürlerin genel bileşen olarak yüksek oranda kükürt içeriğine sahip olduğu bilinmektedir. Kükürt yüzdesi yüksek olan katı yakıtların yanması sonucu ortaya çıkan ve havaya atılan emisyonlar içindeki kükürtdioksit atmosferik hava akımlarıyla 2000 km, karbondioksitin ise 1500 km taşındığı dikkate alındığında doğal gaz kullanımının çevre kirliliği açısından önemi daha iyi anlaşılmaktadır (Oruç, 2012; Gültekin, 1993; Borat, 1994; Yıldız, 2012).

## 1.2. Erzincan ve Doğal Gaz

Türkiye’de sınırlı bir miktarda doğal gaz çıkmakta ve kullanıma sunulmaktadır. Türkiye’de varlığı 1970 yılında Kırklareli Kurumlar Bölgesi’nde tespit edilen doğal gaz, 1976 yılında Pınarbaşı Çimento Fabrikası’nda kullanılmaya başlamış olmakla birlikte, bugün ülkemizde en yaygın kullanılan enerji kaynağı olmuştur. 1975 yılında Mardin Çamurlu sahasında bulunan doğal gaz ise 1982 yılında Mardin Çimento Fabrikası’nın kullanımına verilmiş fakat ulusal kaynaklardaki rezervlerin sınırlı olmasından dolayı tüketim genişlememiştir. Doğal gazın sanayi ve şehir şebekelerinde kullanımı, 84/8806 sayılı Bakanlar Kurulu kararıyla 1984 yılında SSCB ile imzalanan doğal gaz anlaşması sonunda başlamıştır. Doğal gaz şehir içinde evsel ve ticari olarak ilk kez 1988’de Ankara’da, 1992 yılında İstanbul, Bursa, Eskişehir ve İzmit’te kullanılmaya başlanmıştır. Doğu Anadolu

Bölgesi’nin en eski yerleşim alanlarından Erzincan, dağlar ve platolarla kaplı bir coğrafi yapıya sahiptir. Erzincan’da kış mevsimi genelde Kasım ayı başında başlar, mart ayı sonuna kadar sürer ve bu aralıkta ısınma amaçlı yakıt kullanımı devam eder. Erzincan’da doğal gaz kullanımı lisansı 4 Ağustos 2006 tarihinde Erzingaz Doğal Gaz Dağıtım A.Ş. tarafından alınarak lisans bölgesi olan Erzincan Belediyesi mücavir alan sınırları içindeki bölgede çalışmalara başlanmıştır. Modern bir şehir anlayışı ile gelişen Erzincan’da bu gelişmenin bir göstergesi olarak 2007 yılı Kasım ayında doğal gaz kullanılmaya başlanmış, kent daha temiz ve çağdaş bir yaşam merkezi haline gelmiştir. Erzincan’da, çevre bilincinin oluşturulması sonucu doğal gaz kullanımının yaygınlaştırılacağı düşüncesiyle hareket edilmektedir. 2007 yılında bireysel abone sayısı 1031, merkezi abone sayısı 432 olmak üzere toplam 1463 abone ile doğal gaz kullanımına başlayan Erzincan’da 2014 yılı sonu verilerine göre 34559 aboneye ulaşılmıştır. Yıllara göre doğal gaz kullanıcı sayısındaki değişim ve doğal gaz tüketim değerleri Tablo 3’te verilmiştir(Gültekin, 1993; Enerya, 2015).

## 2. Materyal ve Metot

### 2.1. Erzincan’da Hava Kirliliği Ölçümleri ve Yapılan Çalışmalar

2 Kasım 1986’da yürürlüğe giren Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliği (HKKY) kapsamında 1986 yılından 2008 yılının ortasına kadar Erzincan’da yaz ayla-

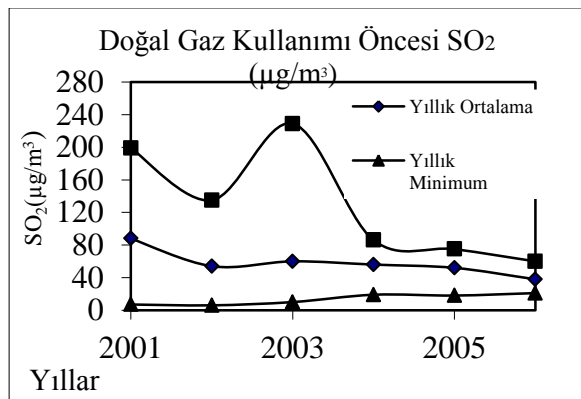
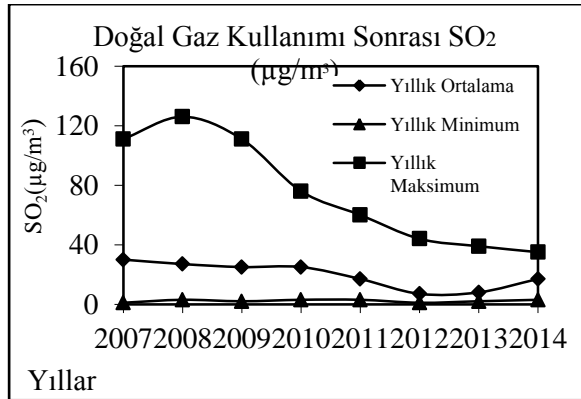
**Tablo 3.** Erzincan’da doğal gaz kullanıcı sayısı ve tüketim (Enerya, 2015)

Yıl	Abone sayısı		Tüketim Miktarı(m <sup>3</sup> )
	Bireysel	Merkezi	
2007	1031	432	600.288
2008	2323	917	1.827.504
2009	667	1022	5.025.375
2010	2977	2187	7.715.526
2011	4521	1302	17.383.321
2012	7213	1601	26.605.433
2013	3496	532	27.464.200
2014	3762	576	39.747.960
<b>TOPLAM</b>	34559		126.369.607

rında tek, kış aylarında ise kentin iki noktasında 24 saat esasına göre SO<sub>2</sub>(asidimetrik yöntem) ve Partikül Madde (refraktometrik yöntem) örnekleme ve ölçüm çalışmaları yapılmıştır. İl Sağlık Müdürlüğü tarafından gerçekleştirilen bu günlük ölçümler Erzincan’ın 2008 yılında Ulusal Hava Kalitesi İzleme Ağı bünyesindeki online ve sürekli izleme ağına katılması ile sonlandırılmıştır. 2008 yılından bu yana SO<sub>2</sub> ve PM bileşenleri Erzincan İl Çevre ve Orman Müdürlüğüne yerleştirilen otomatik monitörleme cihazları ile saatlik olarak ölçülmekte ve ölçüm sonuçları Çevre ve Şehircilik Bakanlığı’na bağlı “www.havaizleme.gov.tr” adresinden verilen bağlantı ile online olarak anlık izlenebilmektedir. Erzincan’da 2000-20014

yılları arasında ölçülen emisyon değerleri verilerin kıyaslanabilirliğinin sağlanması açısından yıl boyunca periyodik ölçüm değerleri baz alınarak il merkezindeki değişim oranları hesaplanmıştır. Erzincan kent merkezinde 2000-2014 yılları arasındaki kış dönemi(Ekim-Mart) SO<sub>2</sub> ortalaması ve yıllık PM<sub>10</sub> ortalaması ölçüm sonuçları Tablo 4 ve Tablo 5’te verilmiştir. Şekil 1’de yıllara göre kış sezonunda ölçüm yapılan gün sayısı, SO<sub>2</sub>(µg/m<sup>3</sup>) ortalaması, bir önceki yıla göre değişim oranları, minimum ve maksimum değerleri verilmiştir. Şekil 5’de yıllara göre yıllık ölçüm yapılan gün sayısı, PM<sub>10</sub>(µg/m<sup>3</sup>) ortalaması, bir önceki yıla göre değişim oranları, minimum ve maksimum değerleri verilmiştir. Şekil 1’de görüldüğü gibi, hava

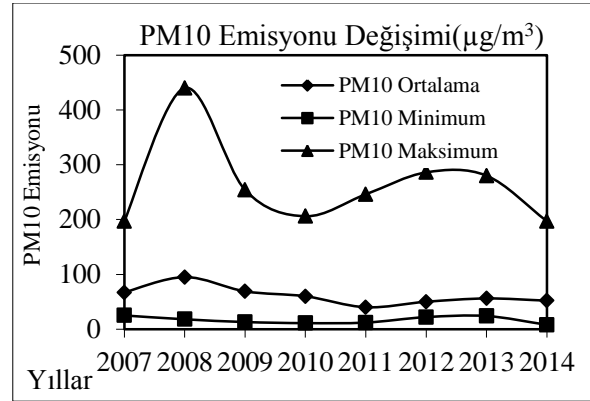
kirliliği düzeyi 2000-2001 yılları kış sezonu SO<sub>2</sub> ortalaması en yüksek değerde belirlenmiştir. Yapılan ölçümlerde günlük maksimum SO<sub>2</sub> derişimi değeri ise 2002-2003 yılı için 229 µg/m<sup>3</sup> olarak gerçekleşmiştir. Dünya Sağlık Örgütü (WHO) tarafından belirlenen SO<sub>2</sub> sınır değeri 450 µg/m<sup>3</sup> düzeyinin oldukça altında olduğu ve sınır değerini aşmadığı görülmüştür. Hava kalitesinin ölçümü haricinde, şehirdeki görüntü kirliliğini incelemek amacıyla son beş yıl boyunca gözleme dayalı incelemeler yapılmıştır. 2000-2014 yılları Ekim ve Mart ayları arasında alınan kış sezonu verileri baz alınarak SO<sub>2</sub> emisyonu değerleri analiz edilmiştir.



**Şekil 1.** Erzincan'da kış sezonu SO<sub>2</sub> emisyonu değışimi ([www.havaizleme.gov.tr](http://www.havaizleme.gov.tr), [www.tuik.gov.tr](http://www.tuik.gov.tr)).

Şekil 2 ise Erzincan ili için doğal gaz kullanılmaya başlanan yıl olan 2007 yılından

2014 yılı sonuna kadar yıllık PM<sub>10</sub> değerleri de analiz edilmiş ve yıllık değışim oranları incelenmiştir ([www.havaizleme.gov.tr](http://www.havaizleme.gov.tr); TÜİK). Ayrıca gündüz saatlerinde şehir egemen Esentepe civarından resim çekimleri yapılarak şehir üzerindeki hava kirliliği semtlere göre gözlemlenmiştir.



**Şekil 2.** Erzincan'da yıllara göre PM<sub>10</sub> emisyonu değışimi ([www.havaizleme.gov.tr](http://www.havaizleme.gov.tr), [www.tuik.gov.tr](http://www.tuik.gov.tr)).

### 3. Sonuçlar ve Öneriler

Özellikle 1992 Erzincan depremi sonrasını takip eden yıllarda düzenli kentleşme ve endüstri için uygun yer seçimi olmasına rağmen şehrin inversiyon tabakası, meteorolojik iklim yapısı ve düşük kaliteli katı yakıt tüketimi gibi temel nedenlere bağlı olarak Erzincan kent merkezinde kış aylarında hava kirliliği ortaya çıkmaktadır. İl Sağlık Müdürlüğü tarafından 2000-2014 yılları arasında yapılan SO<sub>2</sub> ölçüm değerlerine göre WHO sınır değerinin üzerinde kirlilik ölçülmemiştir. Erzincan Belediyesi mücavir alanında yer alan organize sanayi bölgesi ile imara açık tüm cadde ve sokaklara doğal gaz ulaştırılan Enerya Gaz Dağıtım A.Ş.'nin 2014 yılı sonu verilerine göre doğal gaz kullanan bağımsız

abone sayısı 34559 ve doğal gaz tüketimi de 39.747.960 m<sup>3</sup> olmuştur (Enerya, 2015). Valilik ve belediyelerin kalitesiz kömürlerin denetimi konusunda aldığı önlemlerin yanında özellikle organize sanayi bölgesinin şehir dışında kurulması ve doğal gaz kullanımına geçilmesi sonrası şehir merkezlerinde hava kirliliği meydana gelmesi önlenmiştir.

İlimizde limit sınırlarının altında olmasına rağmen hava kirliliğindeki iyileşmenin temel nedeni 2007 yılından itibaren konut, kurumlar ve sanayi sektöründe ısınma ve diğer amaçlar için doğal gaz kullanımındaki artış ve doğal gaza geçilmesiyle ilgilidir.

İstanbul'da 1994 yılında 145 ug/m<sup>3</sup> olan SO<sub>2</sub> değerinin 2013 yılında 7 ug/m<sup>3</sup> düzeyine düştüğü ve hava kalitesinde yaklaşık 20 kat iyileşme sağlandığı dikkate alındığında Erzincan için hala kat edilmesi gereken bir yol olduğu görülmektedir. Zira iklim olayları ve hava hareketlerine bağlı olarak tüm iyileşmeye rağmen kısa zamanlıda olsa bu değerlerde bir artış olması muhtemeldir.(Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2013).

Tüm bu olumlu gelişmelere rağmen doğal gaz alt yapısı bulunan semtlerdeki apartmanlarda halen kömür kullanılması bazen hava kirliliğine neden olmaktadır. İlk aşamada kent merkezinde özellikle kış aylarında kömür yerine tamamen doğal gaza geçilmesi gerekmektedir.

2007 yılı ortalaması 67 (µg/m<sup>3</sup>) olan PM değerinin 2011 yılında 40 (µg/m<sup>3</sup>) değerine düştüğü 2014 yılında 52 (µg/m<sup>3</sup>) değerlerinde olduğu ve kömür kullanılan yıllara göre oldukça düşük değerlerde olduğu tespit edilmiştir.

Şehir merkezindeki konutlarda kömür ve fuel-oil yakılmasının neden olduğu kirlenici emisyonlar ve sera gazı etkileri konusunda ise başta valilik ve yerel yönetimler tarafından çevre duyarlılığının gelişimi için eğitici bilinçlendirme ve toplumsal duyarlılık faaliyetleri yapılmalıdır.

Ülkemizde de yoğun kentleşmeyle birlikte ortaya çıkmış bulunan hava kirliliğini önlemede temiz yakıt doğal gazdan faydalanma yoluna gidilmiş ve zaman içerisinde olumlu sonuçlara ulaşılmıştır.

#### 4. Kaynaklar

- Borat, O., Balcı, M., Sürmen, A. 1992. Hava Kirlenmesi ve Kontrol Tekniği. Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Vakfı, Ankara.
- Borat, O., Sürmen, A., Balcı, M. 1994. Yanma Bilgisi. Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Vakfı., Ankara.
- Enerya Erzincan Gaz Dağıtım A.Ş. 2015. Erzincan Doğal Gaz Raporu.
- Erzincan Valiliği Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü 2012. Erzincan İl Çevre Durum Raporu
- Gültekin, A. H., Örgün, Y. 1993. Doğal Gaz ve Çevre. Çevre Dergisi., Sayı: 9
- Kadı,İ., Özdalyan, B., Çelik, M.B. 2000. *Karabük Hava Kirliliği Araştırması, DPT Projesi*, No: 98K12170., Karabük,

- Müezzinoğlu, A. 1987. Hava Kirliliğinin ve Kontrolünün Esasları. Dokuz Eylül Üniversitesi Yayınları, İzmir.
- Oruç, N., Ataman, E., Kırkgöz, H. 2012. Eskişehir’de Hava Kirliliği ve Doğal Gazın Tarihçesi: Genel Değerlendirme. Tüketim Toplumu ve Çevre Sempozyumu, Karabük.
- Papacostas, 1993. Transportation Engineering and Planning. Prentice-Hall International editions New Jersey.
- Turan, T., Yalçın Çelik, B. 2012. Erzurum İlinde Hava Kirliliğindeki Değişim. Biyoloji Bilimleri Araştırma Dergisi 5 (1): 65-68.
- Türkiye Taşkömürü Kurumu Genel Müdürlüğü. 2015. Taşkömürü Sektör Raporu.
- URL-1, Erzincan İli İçin Hava Kalitesi Ölçüm Değerleri. 2015. 24.03.2015 <http://www.havaizleme.gov.tr>
- URL-2, TÜİK Erzincan İli İçin Kışlık SO<sub>2</sub> ve Yıllık PM<sub>10</sub> Değerleri Ölçümü, 2015. 20.03.2015 <http://www.tuik.gov.tr>
- URL-3, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2013. 25.03.2015 <http://www.csb.gov.tr/projeler/alo181/index.php?Sayfa=haberdetay&Id=10448>
- Yıldız, A., Çay, Y., Özer, F. 2012. Karabük ilindeki Hava Kirliliğinin Doğal Gaz Kullanımı ile Değişimi., Tarih Kültür ve Sanat Araştırmaları Dergisi (ISSN:2147-0626)Vol1,No. 4.

## Pamuklu Kumaş Üzerinde CI Reaktif Kırmızı 194 Boyasının Relatif Fiksaj, Haslık ve K/S Renk Verimi

Agâh Oktay ÖZDEMİR<sup>1\*</sup>, Mustafa TUTAK<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Erzincan Meslek Yüksekokulu, Tasarım Bölümü, Erzincan Üniversitesi, Erzincan

<sup>2</sup> Mühendislik Fakültesi, Tekstil Mühendisliği Bölümü, Erciyes Üniversitesi, Kayseri

(Geliş Tarihi/Received: 14.01.2016, Kabul Tarihi/Accepted: 15.02.2016)

### ÖZET

Bu çalışmada, yapısında monoklorotriazin ve vinilsülfon reaktif grup bulunan bifonksiyonel reaktif boyarmadde olan CI Reaktif Kırmızı 194 boyasının çektirme yöntemine göre farklı boyama şartlarında pamuk boyaması araştırılmıştır. Boyama banyosu artık renkli çözeltileri UV-Vis ölçümlerine göre boyarmaddelerin pamuk lifi tarafından maksimum çekim yüzdeleri belirlenmiştir. Boyalı kumaşların yıkama işlemi öncesi ve sonrası olmak üzere spektrofotometrik renk ölçümleri yapılarak K/S renk verimi değerlerine göre relatif fiksaj yüzdesi hesaplanmıştır. En son olarak yıkama ve sürtme haslıkları belirlenerek seçilen boyama sonuçları içinde, çekim, fiksaj ve haslık sonuçları karşılaştırılmıştır.

**Anahtar kelimeler:** Pamuk, reaktif kırmızı 194, K/S, fiksaj, haslık

### Relative Fixation, Fastness and K/S Color Strength of CI Reactive Red 194 Dye on Cotton Fabric

#### ABSTRACT

In this study, dyeing of cotton according to exhaust methods with CI Reactive Red 194 bifunctional dye which has monochlorotriazine and vinylsulfone reactive group in structure has been investigated at different dyeing conditions. Maximum exhaustion percent of dye on fiber has been determined by UV-Vis measurement of colored waste dye bath solutions. Dyed fabrics color have been measured by spectrophotometrically before and after washing and relative fixation percent calculated by using K/S color strength values. Finally, exhaustion, fixation and fastness results have been compared in the selected dyeing results by determining the washing and rubbing fastnesses.

**Keywords:** Cotton, reactive red 194, K/S, fixation, fastness

#### 1. Giriş

Doğada bulunan selülozun en saf şekli olan pamuk, cinsi Gossypium olan bitkinin tohum lifidir (Nevell, 1995). Tüm doğal tekstil elyafları içerisinde çok büyük öneme sahip olan pamuk elyafı, sahip olduğu özelliklerden dolayı asırlardır değerini korumuştur (Yakartepe ve Yakartepe, 1993). Pamuğun kökenine göre fiziksel ve kimyasal özellikleri değişiklik gösterir. Ticari olarak

kabul edilebilir bir iplik üretmek için pamuk çeşitleri harmanlanarak homojen bir ürün elde edilir (Madaras vd. 1993). Kullanım özelliklerinin iyileştirilmesi maksadıyla ilk olarak iplik halinde iken terbiye işlemleri uygulanır ancak en önemli terbiye işlemleri pamuk lifi tekstil yüzeyi haline getirildiği zaman uygulanır. Pamuğun ana maddesi olan selüloz suyu bünyesinde tutar. Bu özellik, lifin içine veya yüzeyine sulu çözelti



halinde kimyasal uygulayarak bağlanmalarını sağlamak maksadıyla lifin terbiyesinde kullanılır (Wulfhorst, 2003).

Reaktif boya, pamuk lifinde özellikle yıkama haslığı başta olmak üzere iyi haslık özellikleriyle birleştiren önemli bir sınıf olarak görülmektedir. Boya molekülünün sahip olduğu lif ile uygun şartlarda reaksiyon verebilecek fonksiyonel gruplar ile, selülozik elyaf üzerindeki hidroksil grupların arasında bir kovalent bağ yapmaktadır (Bamfield, 2001; Broadbent, 2001; Shore, 1995; Amin and Blackburn, 2015; Yu and Zhang, 2013).

CI Reaktif Kırmızı 194 (RR194) boyarmaddesi ile ilgili literatürde farklı amaçlar için yapılan çalışmalar olduğu görülmektedir. RR194 boyarmaddesi ile yapılan çalışmaların bir kısmı yüzey modifikasyonu ile ilgilidir (El-Shishtawy vd. 2011; He and Xie, 2011; Park vd. 2002; Yi vd. 2012). Literatürde RR194 boyarmaddesi ile yapılan çalışmaların bir kısmını da atık su arıtımı çalışmaları oluşturmaktadır (Khorramfar vd. 2011; Lima vd. 2008; Royer vd. 2010; ). RR 194 boyarmaddesi ile pamuk liflerinin boyanması ile ilgili seçilmiş literatür örnekleri aşağıda sıralanmıştır.

El-Shishtawy vd. (2007) pamuk/yün karışımında, heterobifonksiyonel reaktif boyalar olan CI Reaktif Sarı 145, CI Reaktif Kırmızı 194, CI Reaktif Kırmızı 195' i, tek ve çift banyo proseslerinde kullanarak sonuçları kıyaslamışlardır. Yaptıkları çalışmada, boya alımını etkileyen sodyum edat, sodyum sülfat, sıcaklık ve boya konsantrasyonu miktarlarını araştırmışlardır. Boyalı kumaşı

da, boya çekimi, fiksaj ve haslık özelliklerine göre değerlendirmişlerdir. Khatri vd. (2011) pamuk lifini boyama işlemini, CI Reaktif Kırmızı 195 ve CI Reaktif Siyah 5 ile geleneksel soğuk bekletme ve ultrasonik metotlarla gerçekleştirmişlerdir. Yaptıkları çalışmada, ultrasonik metot, işlem süresini kısaltmış ve alkali konsantrasyonunun azaltılabileceğini göstermiştir. K/S renk verimi ve fiksaj değerlerinin boyalı kumaşın renk haslığı üzerine olumsuz etki etmeden artmış olduğunu ifade etmişlerdir. Yi vd. (2014) CI Reaktif Mavi 222, CI Reaktif Kırmızı 195 ve CI Reaktif Sarı 145 olmak üzere üç farklı suda çözünür anyonik azo boyanın pamuk lifi üzerine adsorpsiyon kapasitesini araştırmışlardır. Langmuir ve Freundlich adsorpsiyon izotermelerini uygulamışlar ve sonuçların pamuk üzerine boya adsorpsiyonunun Langmuir modeli ile daha iyi bir uyum göstermiş olduğunu ifade etmişlerdir. Buna ek olarak ters miseller ve yağın su içinde boyanan pamuklu kumaşların renk kuvveti ve fiksaj oranını inceleyerek karşılaştırmışlardır.

Bu deneysel çalışma, CI Reaktif Kırmızı 194 boyası ile farklı tuz, soda oranları ve sıcaklıklarda % 100 pamuklu kumaşın boyanması gerçekleştirilerek, K/S boyama verimi ve haslık sonuçları tartışılarak, seçilen boyama konsantrasyonlarına bağlı en iyi renk verimi ve haslık seviyelerinin belirlenmesi amacıyla yapılmıştır (Özdemir, 2015).

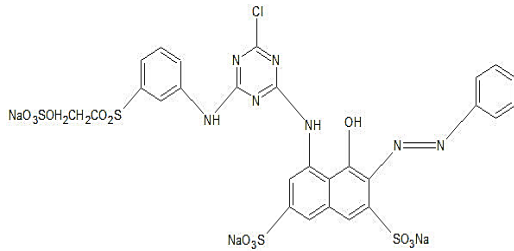
## 2. Materyal ve Metot

### 2.1 Pamuklu Kumaş

Deneyisel çalışmalarda kullanılan düz örme % 100 pamuklu kumaş Balgüneş Tekstil (Kayseri) firmasından temin edilmiştir. Standart ön terbiye yapılmış boyama işlemi hazır hale getirilen kumaş 150 g/m<sup>2</sup> gramajındadır.

### 2.2 RR194 Boyası ve Boyama Yöntemi

Şekil 1'de açık kimyasal yapısı görülen ve toz formunda temin edilen (Eksoy Kimya) CI Reaktif Kırmızı 194 boyarmaddesi (RR194) bifonksiyonel olup, yapısında monoklorotriazin ve vinilsülfon reaktif grup bulunmaktadır.



Şekil 1. CI Reaktif Kırmızı 194 boyasının kimyasal yapısı (Gül vd. 2007)

Deneyisel boyama uygulamaları laboratuvar tipi çektirme yöntemine Deneyisel boyama uygulamaları laboratuvar tipi çektirme yöntemine göre çalışan cihazda (Termal HT) her bir boyama işlemi üç tekrarlı yapılarak, elde edilen sonuçların ortalama değerleri verilmiştir. Uygulamalarda boyanacak kumaş miktarı 10 g, flotte oranı 1/20 olarak seçilmiş ve diğer boyama parametreleri Tablo 1'de verilmiştir.

Boyama işlemine bütün kimyasallar başlangıçta verilerek başlanmış ve ardından

20 dakikada hedef boyama sıcaklığına çıkılarak 70 dakika boyamaya devam edilmiştir.

Tablo 1. RR194 boyası için seçilen boyama uygulama parametreleri

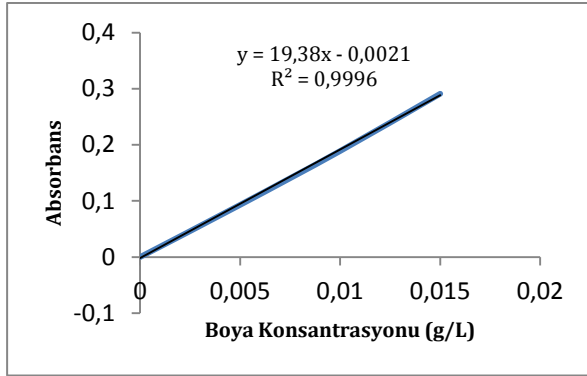
Tuz Oranları g/L	0		40		70		100		Sıcaklık °C
Soda Oranları g/L	20	50	20	50	20	50	20	50	
Boya Oranları (%)	1	X	X	X	X	X	X	X	40
		X	X	X	X	X	X	X	50
		X	X	X	X	X	X	X	60
	2	X	X	X	X	X	X	X	40
		X	X	X	X	X	X	X	50
		X	X	X	X	X	X	X	60
	3	X	X	X	X	X	X	X	40
		X	X	X	X	X	X	X	50
		X	X	X	X	X	X	X	60

Boyama sonunda sıcaklık 40 °C' ye düşürülerek boyalı kumaşların yıkanması adımına geçilmiştir. Boyama tüplerinden çıkarılan kumaşlardan renk ölçümü için bir parça kesilerek ayrıldıktan sonra soğuk su ile taşmalı yıkanmış ardından kaynar su içinde noniyonik deterjan ile yıkanmış ve soğuk su ile durulanan kumaşlar laboratuvar şartlarında kurutulmuştur. En son olarak soğuk su ile durulanan kumaşlar laboratuvar şartlarında kurutulmuştur.

### 2.3. Boyarmadde Maksimum Çekim, Relatif Fiksaj ve Net Fiksaj Belirlenmesi

RR194 boyası, UV-Vis tekniğine göre geçirgenlik esasına göre renk ölçümü yapabilen PG T80 cihazında maksimum absorbans dalga boyu ( $\lambda_{max}=533$  nm) olarak bulunmuştur. Boyamadan önce RR194 boyası ile bilinen konsantrasyonlardan absorbans ölçümleri yapılarak kalibrasyon grafiği elde edilmiştir. Maksimum absorbans dalga boyunda konsantrasyonu bilinen

boyarmadde çözeltilerinden elde edilen kalibrasyon grafiği Şekil 2’de görülmektedir.



**Şekil 2.** RR194 boyası için hazırlanan boyarmadde çekimi kalibrasyon grafiği

Boya banyosunda arta kalan boyarmadde çözeltileri kalibrasyon grafiğinden yararlanılarak lif tarafından alınan boya maksimum çekim (MÇ) yüzdeleri hesaplanmıştır (Tutak ve Özdemir, 2011).

Boyalı kumaşlar yıkama işleminden önce ve sonra olmak üzere kurutularak spektrofotometrik renk ölçümleri Konika Minolta 3600d spektrofotometresi ve RealColor v1.3 yazılımı ile yapılmıştır. Boyalı kumaşlar üzerinde boya miktarı için değerlendirme kriteri olan K/S renk verimi hesaplanarak kumaş üzerine çektirilen boyanın relatif fiksaj (RF) %’si belirlenmesi:

$$\%RF = \frac{(K/S)_b}{(K/S)_a} \times 100 \quad (1)$$

Denklemine göre yapılmıştır.

Burada “b”, yıkama öncesi, “a” ise yıkama sonrası olmak üzere K/S boyalı kumaşlardaki renk koyuluğunu ifade etmektedir (Kannan vd. 2006).

Denklem (1) kullanılarak da net fiksaj değerleri hesaplanmıştır (Kim vd. 2004).

$$NF(\%) = \frac{MÇ \times RF}{100} \quad (2)$$

Burada; NF, “Net Fiksajı”, MÇ, “Maksimum Çekimi”, RF, “Relatif Fiksajı ifade etmektedir.

## 2.4 Haslık Çalışmaları

Boyalı kumaşların haslık seviyesinin belirlenmesinde: yıkama ve sürtme haslığı testleri, sırası ile TS EN ISO 105-Co6 ve TS EN ISO 105-X12 standartlarına göre yapılmıştır.

## 3. Bulgular

Tablo 2’de RR194 boyası ile çektirme yöntemine göre yapılan farklı boyama şartlarında elde edilen maksimum çekim ve relatif fiksaj yüzdeleri verilmiştir. Boyama konsantrasyonunun yükselmesinin maksimum çekim ve relatif fiksaj oranlarını azalttığı gözlemlenmiştir. Bu durum, boyama banyosunda artan boya molekülü miktarı ile liflerin boya alımı yönünden doygunluğa ulaşması ve liflerin içerisine boya molekülünün girebileceği daha az boşluk kalması olarak değerlendirilmiştir.

Boyama ortamında tuz konsantrasyonunun artması ile lifler tarafından çekilen boya miktarı ve relatif fiksaj yüzdesi artış göstermiştir. Bu durumun sebebi olarak tuz katyonlarının lif yüzeyinde negatif zeta potansiyelini düşürmesi sonucunda anyonik yapıdaki boya moleküllerini lif tarafına çekiminin artması olarak görülmüştür.

Tablo 2 sıcaklık açısından çekim değeri artarken, 50 °C' den 60 °C' ye incelendiğinde, maksimum çekim için 50 °C' nin ideal sıcaklık olduğu görülmektedir. 50 °C' den 60 °C' ye çıktığında maksimum çekim değerleri düşmektedir. Fakat relatif fiksaj değerleri artan sıcaklıkla beraber artış göstermektedir.

**Tablo 2.** Boyamalara ait maksimum çekim ve relatif fiksaj yüzdeleri.

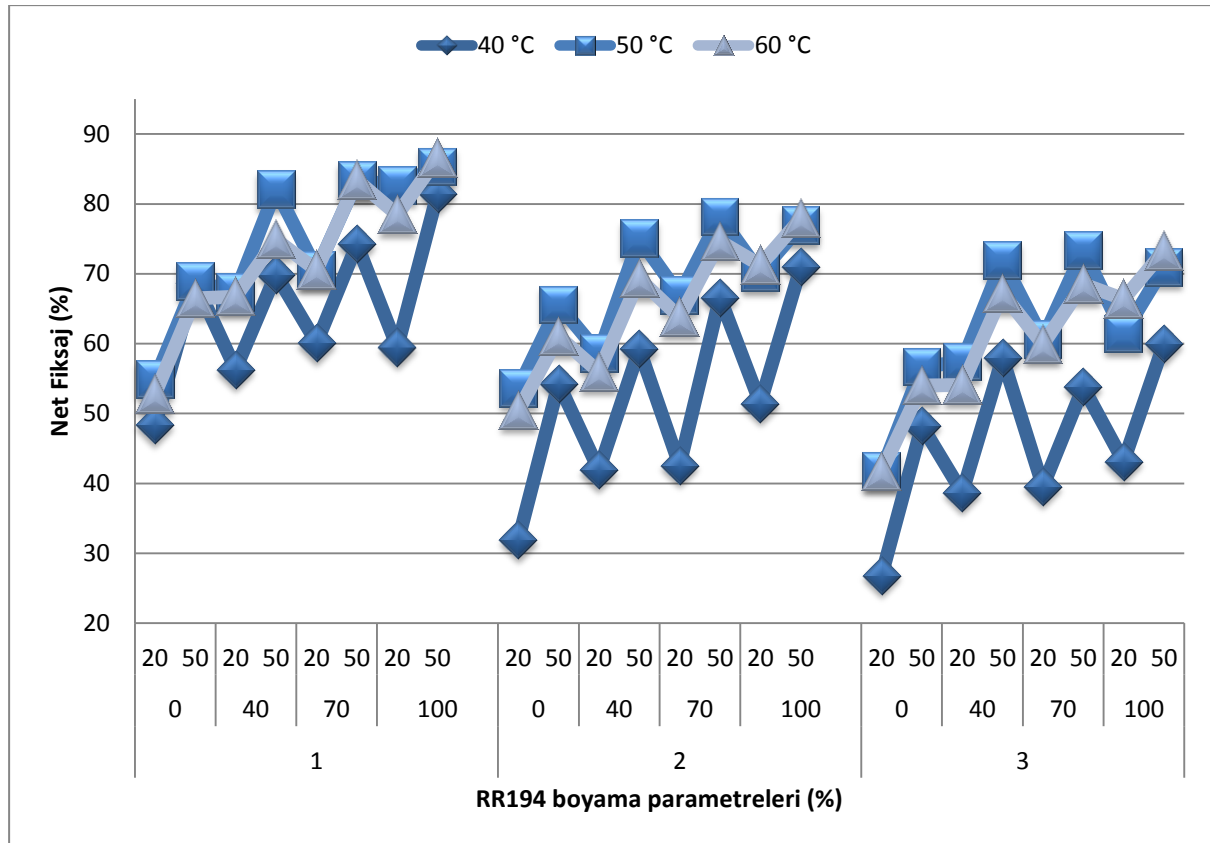
			Boyama sıcaklığı (°C)					
Boyama	Tuz	Soda	40		50		60	
			MÇ	RF	MÇ	RF	MÇ	RF
Kons.	Kons.	Kons.	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
(%)	(g/l)	(g/l)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
1	0	20	60.01	80.63	65.72	83.56	61.31	86.11
		50	77.34	88.92	77.76	88.63	74.45	89.33
	40	20	74.25	75.85	75.28	89.46	72.39	92.20
		50	83.81	83.41	84.64	96.95	81.40	91.97
	70	20	78.03	77.08	79.82	88.39	76.11	92.65
		50	88.01	84.36	88.63	94.06	85.53	97.52
	100	20	84.09	70.73	85.19	97.07	83.33	94.15
		50	91.31	89.29	91.79	92.96	90.69	95.42
2	0	20	50.04	63.79	62.67	85.55	57.51	87.64
		50	69.75	77.86	72.13	90.89	67.45	90.53
	40	20	63.29	66.21	69.41	84.42	63.11	88.64
		50	75.50	78.51	79.04	94.95	73.50	94.28
	70	20	69.61	61.15	75.74	88.38	71.58	89.10
		50	80.93	82.32	82.58	94.68	78.15	95.51
	100	20	75.91	67.82	79.93	87.80	75.94	93.83
		50	84.20	84.37	85.23	90.22	82.38	94.57
3	0	20	42.83	62.62	50.85	82.23	48.79	85.53
		50	63.47	76.03	65.76	86.23	58.65	92.14
	40	20	62.09	62.27	72.64	79.03	60.49	89.38
		50	79.29	73.09	82.50	87.18	73.56	91.30
	70	20	64.84	60.97	71.10	85.32	67.36	88.91
		50	73.33	73.37	77.93	94.16	74.03	92.53
	100	20	67.77	63.64	73.28	83.78	71.03	93.51
		50	77.29	77.60	80.02	88.62	77.24	94.86

MÇ: Maksimum çekim, RF: Relatif fiksaj

Sıcaklık arttıkça substantivite ve agregasyon azalırken difüzyon artmaktadır. 40 °C' de lifin şişmesi az, agregasyon yüksektir. Bu durumda boyarmadde molekülleri lif içerisine kolay giremediğinden dolayı fiksaj düşmektedir. 60 °C'de ise yüksek boyama sıcaklığından dolayı, lifin şişmesi fazla, substantivite ve agregasyon düşüktür. Buna ek olarak boyarmadde moleküllerinin kinetik enerjilerinin artmasından dolayı maksimum çekim değeri düşmektedir.

Deneyel çalışmalarda kullanılan soda miktarının dolayısı ile pH artışı sonucu maksimum çekimin arttığı görülmektedir.

Artan soda miktarıyla genellikle relatif fiksaj değerleri de artış göstermiştir. Lif ile reaktif boyarmaddelerin reaksiyon verme hızları, reaktif grup, sıcaklık ve pH' a bağlıdır. Sıcaklık ve pH' ın artırılmasıyla reaksiyon hızı da artış gösterir. pH artışının (soda konsantrasyonundaki artışın) maksimum çekimi artırdığı görülmektedir. Bu durum genellikle relatif fiksaj değerlerinde de görülmektedir. Deneyel çalışma esnasında 20 g/L soda kullanarak pH 10, 50 g/L soda kullanarak pH 11 seviyelerinde deneyel boyama çalışmaları yapılmıştır.



Şekil 3. Boyalı kumaşlara ait % NF sonuçları

Şekil 3'de boyalı kumaşlara ait yüzde net fiksaj sonuçları görülmektedir. Bütün boyama sonuçlarına göre en iyi boyama sıcaklığının 50 °C olduğu söylenebilir. 40 ve

60 °C boyama sıcaklıklarında, genel olarak 50 °C' ye göre daha düşük net fiksaj ile birlikte yüksek haslık özelliği göstermesi beklenmektedir. Yıkama ve sürtme haslıkları

her bir boyama konsantrasyonuna göre seviyelerinde yarım puanlık düşüş olduğu değerlendirildiğinde iyi seviyede haslıklara anlaşılabilir. Bu durum ise lif tarafından sahip oldukları görülmektedir. Boyama alınan boyarmadde molekülü miktarının koyuluğu artması ile genellikle haslık artmasından kaynaklanmaktadır.

**Tablo 3.** Boyalı kumaşlara ait yıkama ve sürtme haslıkları.

Boya	Tuz	Soda	Boyama sıcaklığı (°C)												
			40				50				60				
			Kons. (%)	Kons. (g/L)	Kons. (g/L)		Yıkama	Sürtme	Yıkama	Sürtme	Yıkama	Sürtme	Yıkama	Sürtme	
1	0	20	4-5	4-5	5	4-5	4-5	4-5	4-5	5	4-5	4-5	4-5	5	4-5
		50	4-5	4-5	5	4	4-5	4-5	5	4	4-5	4-5	5	4-5	
	40	20	4-5	4-5	5	4-5	4-5	4-5	5	4-5	4-5	4-5	5	4-5	
		50	4-5	4-5	5	4	4-5	4-5	5	4	4-5	4-5	5	4-5	
	70	20	4-5	4-5	5	4-5	4-5	4-5	5	4	4-5	4-5	5	4-5	
		50	4-5	4-5	5	4	4-5	4-5	5	4	4-5	4-5	5	4-5	
	100	20	4-5	4-5	5	4	4-5	4-5	5	4-5	4-5	4-5	5	4-5	
		50	4-5	4-5	5	4	4-5	4-5	5	4	4-5	4-5	5	4-5	
2	0	20	4-5	4	5	4-5	4-5	4	5	4-5	4-5	4	5	4-5	
		50	4-5	4	5	4-5	4-5	4	5	4	4-5	4	5	4	
	40	20	4-5	4	5	4-5	4-5	4	5	4-5	4-5	4	5	4-5	
		50	4-5	4	5	4	4-5	4	5	4	4-5	4	5	4	
	70	20	4-5	4	5	4-5	4-5	4	5	4	4-5	4	5	4	
		50	4-5	4	5	4	4-5	4	5	4	4-5	4	5	4	
	100	20	4-5	4	5	4-5	4-5	4	5	4	4-5	4	5	4	
		50	4-5	4	5	4	4-5	4	5	4	4-5	4	5	4	
3	0	20	4	3-4	5	4-5	4	3-4	5	4	4	3-4	5	4	
		50	4	3-4	5	4	4	3-4	5	4	4	3-4	5	4	
	40	20	4	3-4	5	4-5	4	3-4	5	4	4	3-4	5	4	
		50	4	3-4	5	4	4	3-4	5	4	4	3-4	5	4	
	70	20	4	3-4	5	4	4	3-4	5	4	4	3-4	5	4-5	
		50	4	3-4	5	4	4	3-4	5	4	4	3-4	5	4	
	100	20	4	3-4	5	4	4	3-4	5	4-5	4	3-4	5	4	
		50	4	3-4	5	4	4	3-4	5	4	4	3-4	5	4	

RD:Renk Değişimi, L: Lekeleme, K: Kuru sürtme haslığı, Y: Yaş sürtme haslığı

#### 4. Sonuç

Bu çalışmada bifonksiyonel olup, yapısında monoklortriazin ve vinilsülfon reaktif grup bulunan reaktif boyarmadde olan RR194 boyası ile farklı boyama şartlarında pamuk boyaması yapılmıştır. Boyama davranışı analizi için, spektrofotometre yardımıyla RR194 reaktif boyası ile boyalı kumaşların yıkama öncesi ve sonrası olmak üzere K/S renk ölçümleri, boyalı kumaşlara ait yıkama ve sürtme haslıkları ve boyama atık banyosunda UV-vis yardımı ile kalan boya analizi ile boya alım miktarları belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre; RR194 boyası için çektirme yönteminde en iyi boyama sıcaklığı 50 °C olarak ortaya çıkmıştır. Artan tuz ve soda oranları tüm boyama koyuluklarında (%1-2-3) maksimum çekimi artırmaktadır. Buna rağmen en iyi fiksaj ve haslık seviyeleri; % 1 boyama koyuluğu için 20 g/l soda ile 100 g/l tuz, % 2 boyama koyuluğu için 50 g/l soda ile 40 g/l tuz, % 3 boyama koyuluğu için 50 g/l soda ile 70 g/l tuz oranlarında elde edilmiştir.

#### 5. Teşekkür

Bu çalışma, Erciyes Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar Birimi tarafından FDK-2013-4844 kodlu proje ile desteklenmiştir. Yazarlar finansal desteklerinden dolayı Erciyes Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeler Birimi'ne teşekkür ederler.

#### 6. Kaynaklar

Amin, M.N. and Blackburn, R.S. 2015. Sustainable chemistry method to improve the wash-off process of reactive dyes on cotton. ACS

Sustainable Chemistry & Engineering, 3(4), 725-732

Bamfield, P. 2001. Chromic Phenomena: The Technological Applications of Colour Chemistry. Cambridge, UK, Royal Society of Chemistry.

Broadbent, A.D. 2001. Basic Principles of Textile Coloration. West Yorkshire, UK, Society of Dyers and Colourists.

El-Shishtawy R.M., El-Zawahry M.M., Ahmed, N.S.E. 2011. One-bath union dyeing of a modified wool/acrylic blend with acid and reactive dyes. Coloration Technology, 127(1), 28-38.

El-Shishtawy R.M., Youssef Y.A., Ahmed N.S.E., Mousa A.A. 2007. The use of sodium edate in dyeing: II. Union dyeing of cotton/wool blend with hetero bi-functional reactive dyes. Dyes And Pigments, 72(1), 57-65.

Gül, Ş., Özcan, Ö., Erbatur, O. 2007. Ozonation of C.I. Reactive Red 194 and C.I. Reactive Yellow 145 in aqueous solution in the presence of granular activated carbon. Dyes and Pigments, 75(2), 426-431.

He, X.M., Xie, K.L., 2011, The adsorption behavior of reactive dye on magnetic chitosan coated cotton fibers. Advanced Materials Research, 396-398, 2198-2201.

Kannan, M.S., vd. 2006. Influence of Cotionization of Cotton on Reactive Dyeing. Journal of Textile and Apparel, Technology and Management, 5(2),1-16.

Khatri, Z., Memon M.H., Khatri A., Tanwari A., 2011, Cold Pad-Batch dyeing

- method for cotton fabric dyeing with reactive dyes using ultrasonic energy. *Ultrasonics Sonochemistry*, 18(6), 1301-1307.
- Khorramfar, S., Mahmoodi N.M., Arami M., Bahrami H., 2011, Oxidation of dyes from colored wastewater using activated carbon/hydrogen peroxide. *Desalination*, 279(1-3), 183-189.
- Kim, T.K., Yoona S.H., Sonb Y.A., 2004, Effect of reactive anionic agent on dyeing of cellulosic fibers with a Berberine colorant. *Dyes and Pigments*, 60, 121-127.
- Lima, E.C., vd. 2008. Application of Brazilian pine-fruit shell as a biosorbent to removal of reactive red 194 textile dye from aqueous solution Kinetics and equilibrium study. *Journal Of Hazardous Materials*, 155(3), 536-550.
- Madaras, G.V., Parish G.J., Shore J. 1993. *Batchwise Dyeing Of Woven Cellulose Fabrics, A Practical Guide*. Bradford, UK, Society Of Dyers And Colourists.
- Nevell, T.P. 1995. *Cellulosics Dyeing*. In *Cellulose: structure, properties and behaviour in the dyeing process*. (John Shore, eds). 1-80, Manchester, UK, Society of Dyers and Colourists.
- Özdemir, A.O. 2015. *Pamuk Liflerinin Renklendirilmesinde Boyama Verimi ve Kinetiğinin Araştırılması*. Doktora Tezi, Erciyes Üniversitesi, Kayseri, Türkiye.
- Park, B.S., Chung, Y.S., Lee, K.W., Pak, P.K., 2002, Dyeing and crosslinking of chitosan fibers with  $\alpha$  - Bromoacrylamide reactive dyes. *Textile Coloration and Finishing*, 14(3), 26-33.
- Royer, B., vd. 2010. Statistical design of experiments for optimization of batch adsorption conditions for removal of reactive red 194 textile dye from aqueous effluents. *Chemical Engineering Communications*, 197(5), 775-790.
- Shore, J. 1995. *Cellulosics Dyeing*. In *Dyeing with reactive dye* (John Shore, eds) Cellulosics Dyeing. 189-245, Manchester, UK, Society of Dyers and Colourists.
- Tutak, M., Özdemir, A.O., 2011. Reactive Dyeing of Cationized Cotton: Effects on The Dyeing Yield and the Fastness Properties. *Journal of Applied Polymer Science*, 119(1), 500-504.
- Wulfhorst, B. 2003. *Tekstil Üretim Yöntemleri*. (Demir A., Torun A.R., çev), İstanbul, Türkiye, Şan Ofset.
- Yakartepe, M. ve Yakartepe, Z. 1993. *T.K.A.M. Tekstil Ansiklopedisi*. İstanbul, Türkiye. Tekstil ve Konfeksiyon Araştırma Merkezi Yayını.
- Yi, S.X., Dong, Y.C., Li, B. 2012. Adsorption and fixation behaviour of CI Reactive Red 195 on cotton woven fabric in a nonionic surfactant Triton X-100 reverse micelle. *Coloration Technology*, 128(4), 306-314.
- Yi, S.X., Deng, Y.M., Sun, S. 2014. Adsorption and dyeing characteristics of reactive dyes onto cotton fiber in nonionic Triton X-100 reverse



micelles. *Fibers and Polymers*, 15(10),  
2131-2138.

Yu Y.K., Zhang Y.J. 2013. Roles of novel reactive cationic copolymers of 3-chloro-2-hydroxypropylmethyldiallylammonium chloride and dimethyldiallylammonium chloride in fixing anionic dyes on cotton fabric. *Journal of Chemistry*.

## Bütünüyle Katı Hal PVC Membran İzoniazid-Seçici Potansiyometrik Sensör

Fatih ÇOLDUR\*, Hakan BOZ, Ahmet ÖNDER

<sup>1</sup>Erzincan Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Kimya Bölümü, Erzincan

(Geliş Tarihi/Received: 24.07.2015, Kabul Tarihi/Accepted: 05.10.2015)

### ÖZET

Bu çalışmada, izoniazidi tayin etmek için kullanılan potansiyometrik bir iyon seçici elektrot (İSE) geliştirildi. İzoniazid-Tetrafenilborat iyon çifti sentezlendi ve Sentezlenen iyon çifti elektrot membranlarının yapısında iyonofor madde olarak kullanıldı. Membran optimizasyonu için, sentezlenen iyon çifti kullanılarak değişik kompozisyonlarda PVC membran iyon seçici elektrotlar üretildi ve bu elektrotların potansiyometrik performans özellikleri araştırıldı. En iyi potansiyometrik performans özelliklerini % 3.0 İzoniazid-Tetrafenilborat iyon çifti, % 67.0 Nitrofeniloktiletler, % 30.0 Poli(vinilklorür) bileşimine sahip elektrodun sergilediği belirlendi. Bu elektrodun doğrusal çalışma aralığı  $5.0 \times 10^{-6}$ - $1.0 \times 10^{-2}$  M, 10 katlık konsantrasyon değişimindeki eğimi, 41.2 mV; tayin limiti,  $2.0 \times 10^{-6}$  M; pH çalışma aralığı, 1-4; cevap zamanı,  $\approx 30$  s olarak belirlendi. Elektrot kullanılarak tüberküloz tedavisinde kullanılan iki adet farklı ilaç tabletinin izoniazid içeriği belirlendi. Potansiyometrik teknik kullanılarak elde edilen sonuçların % 95 güven seviyesinde UV tekniği kullanılarak elde edilen sonuçlarla uyumlu olduğu görüldü.

**Anahtar kelimeler:** İyon-seçici elektrot, tüberküloz, izoniazid tayini, iyon-çifti, PVC membran

### All-Solid-State PVC Membrane Isoniazid-Selective Potentiometric Sensor

#### ABSTRACT

In this study; a potentiometric ion-selective electrode (ISE) was developed for the determination of isoniazid. Isoniazid-Tetraphenylborate ion-pair was synthesized and the synthesized ion pair was used as ionophore substance in electrode membrane structures. For the membrane optimization, PVC membrane ion selective electrodes in different compositions were produced by using the synthesized ion pair and their potentiometric performance characteristics were investigated. It was determined that the electrode membrane with the ratio of 3% isoniazid-tetraphenylborate ion pair, 67% nitrophenyloctylether and 30% PVC performed the best potentiometric performance characteristics. For this electrode, linear range, slope, detection limit, pH working range and response time were determined as  $5.0 \times 10^{-6}$ - $1.0 \times 10^{-2}$  M, 41.2 mV/decade,  $2.0 \times 10^{-6}$  M, 1-4 and  $\approx 30$  s, respectively. By using the proposed electrode, isoniazid contents of the two different drug tablets, which is used in the treatment of tuberculosis, were determined. It was seen that the results obtained by the potentiometric technique were in good agreement with those of the results obtained by UV technique at 95% confidence level.

**Keywords:** Ion-selective electrode, tuberculosis, isoniazid determination, ion-pair, PVC membrane.

## 1. Giriş

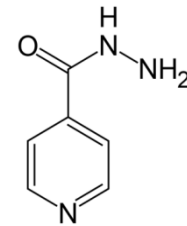
Halk arasında ince hastalık veya verem tıpta da tüberküloz olarak adlandırılan hastalık; asıl olarak akciğerlere yerleşen, fakat kan ve lenf yoluyla tüm vücuda dağılabilen mikrobik, bulaşıcı ve süregelen bir hastalıktır. Bu korkunç hastalık, dünya genelinde her yıl 2 milyondan fazla insanın ölümüne yol açmaktadır. Günümüzde tüberkülozun, en etkili ve yaygın tedavisi izoniazid (4-piridin formohidrazid) (Şekil 1) olarak adlandırılan etken maddeyi içeren ilaçların kullanımıyla mümkün olmaktadır (Safavi vd., 2003). Bu ilaç, sadece tüberkülozun tedavisinde değil aynı zamanda önlenmesinde de 50 yıldan beri kullanılmaktadır (Zhang vd., 2008). Fakat, izoniazidin insan vücudunda yüksek dozda bulunması böbrek fonksiyonlarının yetersizliği, epilepsi hatta ölüm gibi sonuçlar doğurmaktadır (Agrawal vd., 2002; Agrawal vd., 2004). Bu yüzden izoniazid tayini için basit, hızlı, duyarlı ve hayli seçici metotların ortaya konması son derece önem arz etmektedir.

Literatür gözden geçirildiğinde; izoniazid tayininin spektrofotometri (Zhang vd., 2008), florimetri (Lapa vd., 2000), kapiler elektroforez (Driouich vd., 2003), kemilüminesans (Xiong vd., 2007), voltametri (Shahrokhian ve Asadian, 2010) ve kromatografi (Khuhawar ve Rind, 2002) gibi hem pahalı sarf malzemeleri ve enstrümanlarına hem de tecrübeli teknisyenlere gereksinim duyan metotlarla gerçekleştirildiği görülmektedir. Bu yönüyle

daha hızlı, basit, ucuz ve doğru olarak izoniazid tayini gerçekleştirebilen yeni yöntemlerin geliştirilmesine önemli derecede ihtiyaç vardır.

İyon seçici elektrotlar (İSE)'in geliştirilmesi ve uygulamaları ile ilgili çalışmalar 1960'lı yılların sonunda başlamış ve halen ivme kazanarak devam etmektedir (Pretsch, 2002). İyon seçici elektrotların kullanıldığı potansiyometrik tayinler yüksek seçicilik, geniş çalışma aralığı, düşük tayin sınırları, yüksek doğruluk ve kesinlik, kısa analiz süresi, basit tasarım, düşük maliyet, ölçülen materyale zarar vermeme, çoğu zaman ön ayırım gerektirmeme, renkli ve bulanık çözeltilerde dahi ölçüme izin verme gibi avantajlarından dolayı yukarıda bahsedilen pahalı tayin yöntemlerine alternatif olarak son yıllarda bir çok alandaki tayinlerde sıklıkla kullanılmaktadır.

Bu çalışmada, izoniazid (İZN)'in tetrafenilborat (TPB) ile iyon çiftinin sentezlenmesi, sentezlenen iyon çiftinin elektrotlarda iyonofor madde olarak kullanımıyla İZN-seçici elektrot geliştirilmesi amaçlandı. Geliştirilen PVC membran elektrot tüberküloz tedavisinde kullanılan bazı ilaçların izoniazid içeriklerinin belirlenmesinde başarıyla kullanıldı.



**Şekil 1.** İzoniazid (4-piridin formohidrazid)'in kimyasal yapısı.

## 2. Materyal ve Metot

### 2.1. Kimyasallar ve cihazlar

Tetrahidrofuran (THF), izoniazid (İZN), Sodyumtetrafenilborat (NaTPB) yüksek molekül ağırlıklı poli(vinilklorür) (PVC), o-nitrofeniloktiletter (NPOE) ve Dibütülfitalat (DBF) Sigma-Aldrich (Almanya) firmasından, katı-kontakların hazırlanmasında kullanılan epoksi (TP3100) Denlaks (Türkiye), sertleştirici (Desmodur RFE) Bayer (Almanya) firmasından temin edildi. Çalışmadaki çözeltilerin hazırlanmasında kullanılan bütün kimyasallar Sigma-Aldrich (Germany) firmasından temin edildi. Analizi gerçekleştirilen ilaçlar yerel bir eczaneden temin edildi. Bütün çözeltilerin hazırlanmasında Human Corporation Zeener Power II (Kore) su saflaştırma sisteminden elde edilen deiyonize su (18,3 MΩ) kullanıldı. Potansiyometrik ölçümler, laboratuvar yapımı bilgisayar kontrollü potansiyometrik ölçüm sistemi kullanılarak gerçekleştirildi. Bütün potansiyel ölçümlerinde referans elektrot olarak Gamry (ABD) marka doygun Ag/AgCl elektrot kullanıldı.

### 2.2. İzoniazid-tetrafenilborat (İZN-TPB) iyon çiftinin sentezi

$10^{-2}$  M HCl ve İZN içeren ve sürekli olarak karıştırılan çözeltinin 20 ml'sinin üzerine  $10^{-2}$  M sodyum tetrafenilborat çözeltisinin 20 ml'si yavaş yavaş ilave edildi. Oluşan parlak sarı renkteki çökelek süzüldü ve birkaç kez deiyonize suyla yıkandıktan sonra oda koşullarında karanlıkta kurumaya

bırakıldı, kurutulduktan sonra doğrudan elektrot üretiminde kullanıldı.

### 2.3. Elektrotların hazırlanması ve ölçüm prosedürü

Elektrotların üretimi genel olarak daha önceki çalışmalarımızda olduğu gibi iki basamaktan meydana gelmiştir (Coldur v.d., 2009; Coldur v.d, 2010). İlk basamak membranın kaplanacağı yüzeyi meydana getiren katı kontakın hazırlanması, ikinci basamak da membran kokteylinin hazırlanarak katı kontak yüzeye kaplanması işlemlerinden oluşmuştur. Katı kontak %50 (m/m) grafit, % 35 (m/m) epoksi ve % 15 (m/m) sertleştirici içeren homojenize edilmiş karışıma bakır bir telin uçlarından birinin daldırılması ve daha sonra da oda koşullarında 1 gece süreyle kurutulmasıyla hazırlanmıştır. Katı kontak yüzeye kaplanmış olan PVC membranlar farklı bileşimlerde olup, 100 mg'lık toplam membran kütlelerinin 2 ml THF de çözülmesiyle hazırlanmışlardır. Katı kontak yüzeyler hazırlanan PVC membran kokteyllerinin içerisine birkaç kez daldırılarak kaplanmış ve en az 12 saat boyunca oda koşullarında kurumaya bırakılmıştır. Elektrot membranları kuruduktan sonra, elektrotlar izoniazidle eşdeğer miktarda HCl içeren  $10^{-2}$  M 20 ml İZN çözeltinin içine 12 saat süresince daldırılarak şartlandırılmış ve ölçüme hazır hale getirilmiştir.

Çalışmada kullanılan potansiyometrik ölçüm hücreleri şematik olarak aşağıdaki gibidir.

İletken tel|Katı-hal kontakt| İZN-seçici  
membran|Test çözeltilisi || Dış referans  
elektrot

### 3. Bulgular Ve Tartışma

#### 3.1. İZN-TPB iyon çiftinin elementel analizi

İyon çifti sentezlendikten sonra C, N ve H elementleri için elementel analizleri gerçekleştirildi. Elementel analiz sonuçlarına göre; %C=78.58 (teorik: 78.78), %N=9.17 (teorik:9.19) ve %H=6.11 (teorik: 6.17) olarak belirlenmiştir.Elde edilen elementel analiz sonuçları yorumlandığında İZN-TPB iyon çiftinde izoniazid ile tetrafenilborat'ın 1:1 oranında birleştiği anlaşılmıştır.

#### 3.2. Optimum Membran Bileşiminin Araştırılması

PVC membran iyon seçici elektrotlarda, iyonofor, plastikleştirici, iyonikleştirici ve PVC oranları, plastikleştirici ve iyonikleştirici türleri elektrodun potansiyometrik performans özelliklerini belirleyen önemli faktörlerdir. Bu nedenle en iyi potansiyometrik performans özelliği sergileyen elektrodun tespit edilebilmesi için bu parametreler değiştirilerek 12 farklı membran bileşimi hazırlandı ve bu membranlar kullanılarak hazırlanan elektrotların potansiyometrik performans özellikleri (eğim, tayin limiti, doğrusal çalışma aralığı, ve kalibrasyon doğrusu için  $R^2$  değeri) araştırıldı.

**Tablo 1.** Hazırlanan elektrot membranlarının bileşimleri.

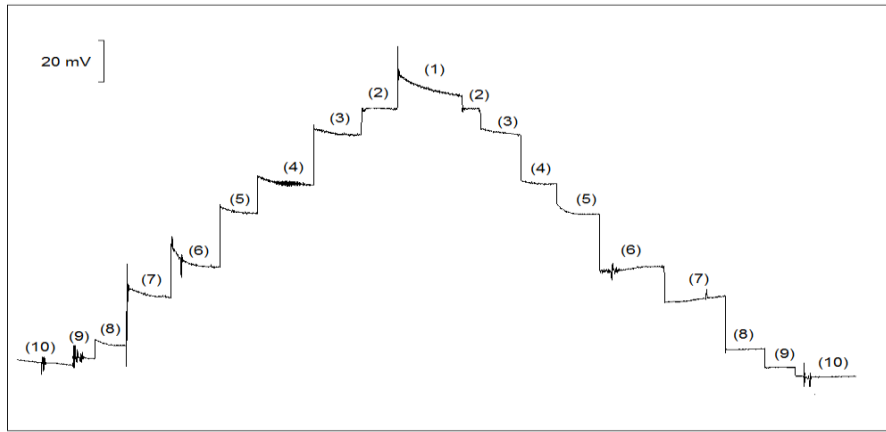
Elektrot	Membran Bileşimi (% m/m)			İZN-TPB	KT <sub>p</sub> CİPB
	PVC	NPOE	DBF		
1	30.0	69.0	-	1.0	-
2	30.0	68.5	-	1.0	0.5
3	30.0	-	69.0	1.0	-
4	30.0	-	68.5	1.0	0.5
5	30.0	67.0	-	3.0	-
6	30.0	66.5	-	3.0	0.5
7	30.0	-	67.0	3.0	-
8	30.0	-	66.5	3.0	0.5
9	30.0	65.0	-	5.0	-
10	30.0	64.5	-	5.0	0.5
11	30.0	-	65.0	5.0	-
12	30.0	-	64.5	5.0	0.5

Tablo 2 incelendiğinde kalibrasyon doğrusunun eğimi yüksek olan elektrotlar 7 ve 8 no'lu elektrotlar olarak göze çarpmaktadır. Ancak bu elektrotların doğrusal çalışma aralıklarının oldukça dar olduğu görülmektedir. Benzer şekilde 4 no'lu elektrodun da eğimi yüksek olmasına

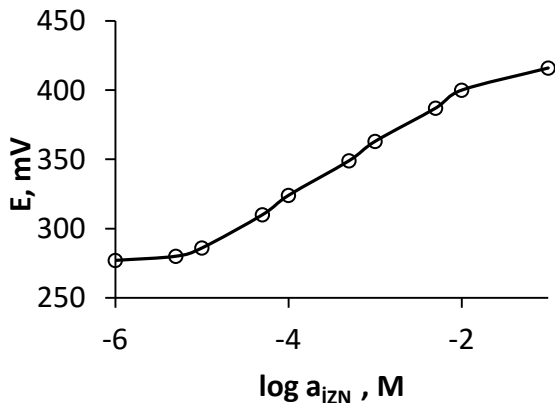
rağmen tayin sınırı ve çalışma aralığı tatmin edici görülmemektedir. 5 no'lu elektrot hem iyonikleştirici içermemesi hem düşük tayin sınırı ve geniş doğrusal çalışma aralığı ile İZN-TPB iyon çifti kullanılarak hazırlanan membranlar içerisinde optimum membran olarak belirlenmiştir.

**Tablo 2.** İyonofor olarak İZN-TPB iyon çifti kullanılarak hazırlanan elektrot membranlarının potansiyometrik performans özellikleri.

Elektrot	Eğim, mV	Tayin Sınırı, M	Doğrusal Aralık, M	R <sup>2</sup>
1	31.5	$3.0 \times 10^{-6}$	$5.0 \times 10^{-6}$ - $5.0 \times 10^{-4}$	0.9954
2	26.3	$5.0 \times 10^{-6}$	$1.0 \times 10^{-5}$ - $5.0 \times 10^{-4}$	0.9975
3	38.1	$4.0 \times 10^{-6}$	$5.0 \times 10^{-6}$ - $1.0 \times 10^{-4}$	0.9921
4	51.6	$1.0 \times 10^{-5}$	$5.0 \times 10^{-5}$ - $1.0 \times 10^{-3}$	0.9920
5	41.2	$2.0 \times 10^{-6}$	$5.0 \times 10^{-6}$ - $1.0 \times 10^{-2}$	0.9973
6	43.0	$1.0 \times 10^{-6}$	$5.0 \times 10^{-6}$ - $1.0 \times 10^{-3}$	0.9962
7	60.7	$4.0 \times 10^{-6}$	$5.0 \times 10^{-6}$ - $5.0 \times 10^{-5}$	0.9939
8	59.0	$4.0 \times 10^{-6}$	$5.0 \times 10^{-6}$ - $5.0 \times 10^{-4}$	0.9836
9	37.7	$4.0 \times 10^{-6}$	$5.0 \times 10^{-6}$ - $1.0 \times 10^{-3}$	0.9977
10	42.3	$3.0 \times 10^{-6}$	$5.0 \times 10^{-6}$ - $5.0 \times 10^{-4}$	0.9899
11	33.2	$2.0 \times 10^{-5}$	$5.0 \times 10^{-5}$ - $5.0 \times 10^{-4}$	0.9871
12	32.8	$8.0 \times 10^{-6}$	$5.0 \times 10^{-6}$ - $1.0 \times 10^{-4}$	0.9835



**Şekil 2.** İZN-Seçici elektrodun farklı konsantrasyona sahip İZN çözeltilerine daldırıldığında ölçülen potansiyel değerleri. (1)  $10^{-1}$  M (2)  $10^{-2}$  M (3)  $5 \times 10^{-3}$  M (4)  $10^{-3}$  M (5)  $5 \times 10^{-4}$  M (6)  $10^{-4}$  M (7)  $5 \times 10^{-5}$  M (8)  $10^{-5}$  M (9)  $5 \times 10^{-6}$  M (10)  $10^{-6}$  M İZN.



**Şekil 3.** İZN-Seçici elektrodun farklı aktivitelere sahip İZN çözeltilerinde alınan ölçümlerden elde edilen kalibrasyon grafiği.

İyonikleştirici kullanıldığı zaman tüm elektrotlarda  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  ve  $\text{Ca}^{2+}$  iyonlarının bozucu etkilerinin önemli derecede arttığı gözlemlenmiştir.

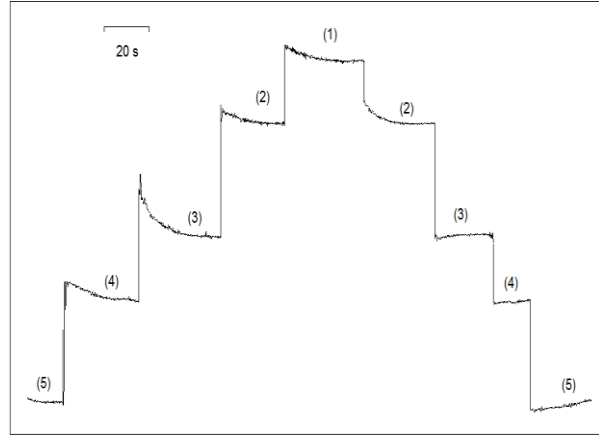
### 3.3. İzoniazid-seçici elektrodun kalibrasyon eğrisinin çizilmesi, eğimi, tayin sınırı ve doğrusal çalışma aralığının belirlenmesi

Optimum membran bileşimi kullanılarak hazırlanan İZN-seçici elektrodun, kalibrasyon doğrusunu çizmek ve eğimini belirlemek için bir seri İZN

çözeltisi ( $1 \times 10^{-1} - 1 \times 10^{-6} M$ ) kullanıldı. Bunun için HCl çözeltisi kullanılarak pH'ı 3 olacak şekilde hazırlanan  $1 \times 10^{-1} M$  İZN çözeltisi deiyonize su ile seyreltilerek kalibrasyon çözeltileri elde edildi. Hücrenin potansiyel ölçümleri düşük İZN derişiminden yüksek İZN derişimine doğru  $25 \pm 1$  °C' da yapıldı. Kaydedilen potansiyel değerleri İZN derişiminin logaritmasına ( $\log_{10} a_{\text{İZN}}$ ) karşı grafiğe geçirildi. Kalibrasyon grafiğinden elektrodun eğimi ve doğrusal çalışma aralığı tespit edildi. Kalibrasyon serisinden elde edilen potansiyometrik cevaplar ve ilgili kalibrasyon grafiği sırasıyla Şekil 2 ve Şekil 3'de görülmektedir. Elektrot  $5,0 \times 10^{-6} - 1,0 \times 10^{-2} M$  konsantrasyon aralığında  $41,2$  mV'luk bir eğimle doğrusal davranmış olup tayin sınırı IUPAC'a göre (Buck ve Lindner, 1994)  $2,0 \times 10^{-6}$  olarak hesaplanmıştır.

### 3.4. İZN-seçici elektrodun cevap süresinin belirlenmesi

Elektrodun cevap süresinin belirlenmesi için kalibrasyon çözeltilerinin her birine düşük derişimden yüksek derişime ve yüksek derişimden düşük derişime doğru olmak üzere elektrotlar daldırıldı. Çözelti sabit hızla karıştırılırken, potansiyelin kararlı hale gelmesi için gerekli süreler ( $t_{95}$ ) kaydedildi. Potansiyellerin kararlı hale geldiği ortalama süre elektrodun cevap süresi olarak belirlendi (Buck ve Lindner, 1994). Şekil 4'de farklı konsantrasyonlardaki İZN çözeltilerinde elektrodun dengeye gelme süreleri görülmektedir. Elektrodun ortalama cevap süresi yaklaşık olarak 30 s olarak hesaplandı.



Şekil 4. İZN-Seçici elektrodun cevap zamanı (1)  $10^{-3} M$  (2)  $5 \times 10^{-4} M$  (3)  $10^{-4} M$  (4)  $5 \times 10^{-5} M$  (5)  $10^{-5} M$  İZN.

### 3.5. İZN-seçici elektrodun tekrarlanabilirliğinin belirlenmesi

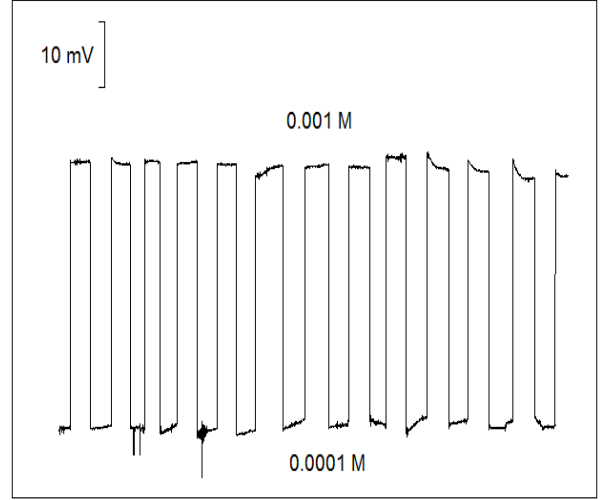
İZN-Seçici elektrodun tekrarlanabilirliğini ortaya koymak için  $10^{-3}$  ve  $10^{-4} M$  İZN konsantrasyona sahip çözeltilerde artarda ölçümler alındı. Elde edilen potansiyel ölçümleri Şekil 5'de gösterilmiş olup,  $10^{-3}$  ve  $10^{-4} M$  İZN çözeltileri için ortalama ve standart sapma değerleri sırasıyla,  $363.21 \pm 0.92$  mV ve  $324.36 \pm 1.68$  mV olarak hesaplanmıştır.

### 3.6. İZN-seçici elektrodun pH çalışma aralığının belirlenmesi

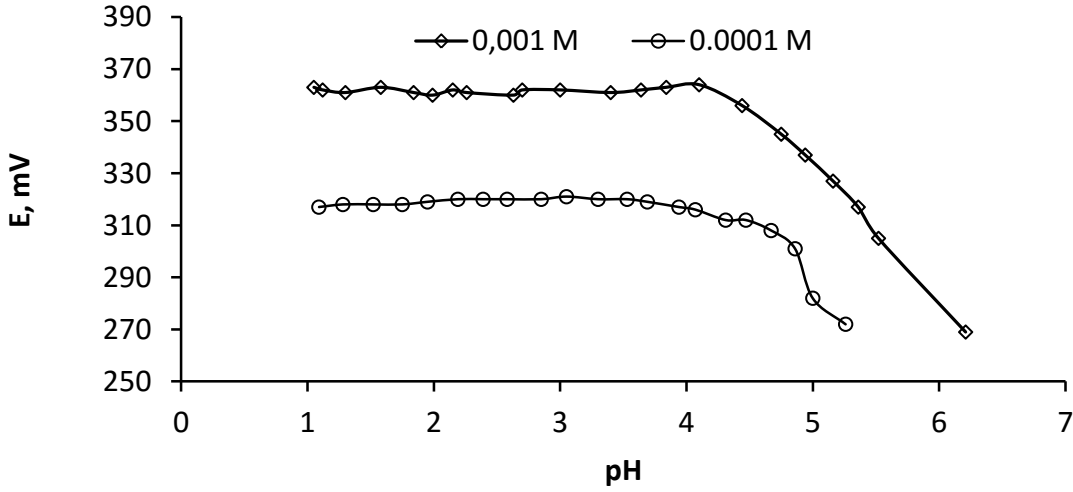
Elektrodun pH çalışma aralığını araştırmak için 250'şer ml  $10^{-3}$  ve  $10^{-4} M$ 'lık İZN çözeltileri hazırlandı. Bu çözeltilerin içerisine manyetik karıştırıcı atılarak belli bir hızda karıştırıldı. Çözeltiye referans elektrot ve İZN-seçici elektrot daldırıldı. Ayrıca çözeltinin içerisine kombine pH metre de eş zamanlı olarak daldırıldı. İZN çözeltisine derişik HCl den azar azar eklenerek çözeltinin pH'ı değiştirildi. Her asit eklemede çözeltinin pH'ı ve bu pH'da

potansiyometrik hücreden okunan yükselen pH değerlerinde protonlanmış potansiyel değerleri kaydedi. Herbir İZN izoniazid miktarında meydana gelen azalma konsantrasyonu için pH metreden okunan olduğu düşünülmektedir.

pH değerine karşılık, ölçüm hücresinden okunan mV değerlerinin grafiği çizdirildi. Elde edilen grafik Şekil 6'da verilmiştir. Grafikten de görüldüğü gibi pH=1.0-4.0 aralığında iyon seçici elektrot sisteminden okunan potansiyel değerleri önemli derecede değişmemiştir. Bu durum bize pH 1.0-4.0 aralığında elektrodun potansiyometrik cevabının hidronyum iyonundan etkilenmediğini göstermektedir. Ancak yükselen pH değerlerinde (>4.0) elektrot potansiyellerinin hızla azalmaya başladığı görülmektedir. Bu durumun nedeninin



Şekil 5. İZN-Seçici elektrodun  $10^{-3}$  ve  $10^{-4}$  M İZN konsantrasyonuna sahip çözeltilerdeki tekrarlanabilirliği.



Şekil 6. İZN-seçici elektrodun pH çalışma aralığı.

Tablo 3. İZN-seçici elektrodun bazı türlere karşı ayrı çözelti metodu kullanılarak hesaplanan seçicilik katsayıları.

Türler	log $K_{A,B}$	Türler	log $K_{A,B}$	Türler	log $K_{A,B}$
Na <sup>+</sup>	-4.6	Ba <sup>2+</sup>	-3.7	D-Fruktoz	-3.3
K <sup>+</sup>	-4.5	Pb <sup>2+</sup>	-2.0	D-Sükroz	-3.8
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	-4.3	Ni <sup>2+</sup>	-1.2	Askorbik asit	-2.4
Mg <sup>2+</sup>	-5.3	Cr <sup>3+</sup>	-1.99	Glisin	-4.4
Ca <sup>2+</sup>	-5.3	Cu <sup>2+</sup>	-2.2	Nikotinamit	-4.7
Co <sup>2+</sup>	-3.8	Al <sup>3+</sup>	-2.7	D-Maltoz	-4.5
Mn <sup>2+</sup>	-3.4	D-Laktoz	-4.1		
Zn <sup>2+</sup>	-3.7	Kafein	-3.9		

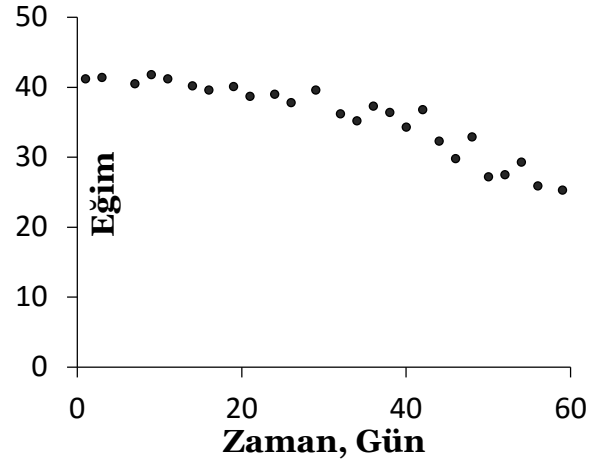


### 3.7. İZN-seçici elektrodun seçiciliğinin belirlenmesi

Yaygın olarak bulunan bazı alkali metaller, toprak alkali metaller, ağır metaller, bazı karbonhidrat türleri, askorbik asit, kafein, glisin ve nikotinamid gibi bazı organik moleküllerin İZN-seçici elektrodun cevabına etkilerini belirlemek amacıyla ayrı çözelti metodu ( $E_A=E_B$ ) kullanılarak bu türlere karşı seçicilik katsayıları hesaplandı (Umezawa v.d.; 2000). Burada nikotinamidin yapısı izoniazidin kimyasal yapısına çok benzer olduğu için nikotinamide karşı seçicilik elektrodun izoniazide karşı seçici davranışının önemli bir göstergesi olacaktır. Seçicilik sabitlerinin hesaplanmasında bozucu iyonların  $1 \times 10^{-2}$  M çözeltilerinde okunan potansiyel değerlerine karşılık gelen İZN konsantrasyonları kalibrasyon eğrisi kullanılarak tespit edildi. Elde edilen İZN konsantrasyon değeri ve bozucu iyonun  $1 \times 10^{-2}$  M konsantrasyon değeri seçicilik sabiti hesaplama eşitliğinde yerine konularak her bir bozucu iyon için elektrodun seçicilik sabiti belirlendi. Hesaplanan seçicilik sabitleri Tablo 3'de verilmiştir. Seçicilik sabitleri incelendiğinde elektrodun ölçülen türlere karşı oldukça seçici olduğu görülmektedir. İZN-seçici elektrodun kimyasal olarak izoniazide oldukça benzeyen nikotinamide karşı bile oldukça seçici davranış sergilemesi dikkate değerdir.

### 3. 8. İZN-seçici elektrodun kullanım ömrünün belirlenmesi

İZN-seçici elektrodun kullanım ömrünü



Şekil 7. İZN-seçici elektrodun eğiminde zamana bağlı olarak meydana gelen değişim.

belirlemek için, elektrodun doğrusal çalıştığı  $1.0 \times 10^{-5}$ - $1.0 \times 10^{-2}$  M konsantrasyon aralığında elektrot kullanılarak belirli günlerde ölçümler alındı ve bu ölçümlerden kalibrasyon doğrularının eğimleri belirlendi. Ölçümler alınmadan önce elektrot her defasında  $1.0 \times 10^{-2}$  M İZN çözeltisinde koşullandırıldı. Ölçüm alınmayan zamanlarda elektrot oda koşullarında, kapalı ve karanlık bir ortamda muhafaza edildi. Kalibrasyon doğrularından elde edilen eğim değerleri zamana (gün) karşılık grafiğe geçirildiğinde Şekil 7'deki grafik elde edildi. Grafik incelendiğinde, özellikle 1 aylık zamanın sonunda elektrodun eğiminde azalmaların meydana geldiği ve elektrodun eğimindeki kararlılığın kaybolduğu görülmektedir. Bu nedenle elektrodun kullanım ömrü yaklaşık 1 ay olarak belirlenmiştir.

### 3.9. İZN-seçici elektrodun analitik uygulaması

Üretilen elektrodun potansiyometrik performans özellikleri incelendikten sonra, elektrodun analitik uygulaması 2 adet ilaç

tabletinin (herbir tableti ortalama 100 mg ve 300 mg İZN içermekte) İZN içerikleri belirlenerek gerçekleştirildi. Bu amaçla, ilk olarak her bir ilaçtan alınan 10 adet tablet havanda ezilerek homojen hale getirildi. Daha sonra ortalama tek bir tablet başına düşen ilaç kütlesi hassas terazide tartılarak 20 ml 10<sup>-2</sup> M HCl çözeltisinde çözüldü. Elde edilen çözelti santrifüjlenerek kalıntılardan arındırıldı. Daha sonra elde edilen çözeltilerin konsantrasyonları kalibrasyonun aralığına düşecek şekilde deiyonize suyla seyreltilerek numuneler hazırlandı.

Numunelerin potansiyel değerleri ölçüldü, bu potansiyel değerleri kullanılarak kalibrasyon grafiğinden tabletlerdeki İZN miktarı mg olarak hesaplandı. Herbir tablet için 5 adet analiz gerçekleştirildi. Sonuçları karşılaştırmak için aynı numuneler aynı standart çözeltiler kullanılarak 263 nm dalga boyunda UV tekniği ile analizlendi ve herbir tablette bulunan İZN miktarı mg olarak hesaplandı. Potansiyometrik ve UV sonuçları karşılaştırmalı olarak Tablo 4'te özetlenmiştir.

**Tablo 4.** İlaç tabletlerinin potansiyometrik ve UV yöntemleriyle bulunan isoniazid içerikleri ve istatistiksel olarak birbiriyle karşılaştırılması

İlaç	İZN Etiket değeri (mg)	Potansiyometrik Yöntem (mg) Ort±Std (N=5)	UV (mg) Ort±Std (N=5)	% E <sub>r</sub>	t*
A	100	103±5	99±4	+ 4.04	1.10
B	300	307±11	295±6	+ 4.01	1.64

\* Çift taraflı t testi. % 95 güven seviyesinde t<sub>kritik</sub>=2.31

Tabloda bağıl hatanın standart yöntemle bulunan sonuçlar dikkate alındığında % 5'den daha düşük olduğu görülmektedir. Ayrıca her iki metottan elde edilen ortalama değerler için % 95 seviyesinde hesaplanan t değerlerinin kritik değer olan 2.31 değerini aşmadığı görülmektedir. Bu istatistiksel t değeri bizi her iki yöntemden elde edilen ortalama değerlerin % 95 güven seviyesinde birbirinden farklı olmadığı sonucuna götürmektedir.

#### 4. Sonuç ve Öneriler

%3 İZN-TPB, %67 NPOE ve % 30 PVC bileşimine sahip membran potansiyometrik özellikleri bakımından optimum membran olarak belirlendi. Elektrot ölçüm ortamında oldukça yaygın olarak bulunma potansiyeli olan iyonlara karşı yüksek seçicilik sergilediğinden dolayı, elektrodun karmaşık matrislerde doğru ölçümler elde edilmesine olanak tanıyacağı düşünülmektedir.

Geliştirilen elektrot; hazırlanışının basitliği, maliyetinin düşüklüğü, hızlı, duyarlı ve oldukça seçici ölçümler sunması,

geniş doğrusal çalışma aralığı ve düşük tayin sınırı gibi avantajlarından dolayı daha pahalı, zaman alıcı ölçümler gerektiren, karmaşık ölçüm tekniklerine alternatif olarak kullanılma potansiyeline sahiptir. Özellikle cevap zamanının kısa oluşu, akış enjeksiyon analizi gibi otomatik sistemlerde dedektör olarak kullanılabilme potansiyeline sahip olduğunu göstermektedir.

Geliştirilen elektrot tüberküloz tedavisinde kullanılan ve içerisinde etiket değeri olarak 100 mg/tablet ve 300 mg/tablet izoniazid içerdiği bilinen iki adet ilacın İZN içeriğinin belirlenmesi çalışmalarında başarıyla uygulanmış olup elde edilen sonuçların karşılaştırma metodu olarak seçilen UV-Görünür Spektroskopi tekniğinden elde edilen sonuçlarla uyumlu olduğu görülmüştür.

## 5. Teşekkür

Bu makalenin içeriğini oluşturan yüksek lisans tez çalışmasını 12.01.24 numaralı projeye destekleyen Erzincan Üniversitesi BAP Koordinatörlüğüne derin teşekkürlerimizi sunarız.

## 6. Kaynaklar

Agrawal, S., Kaur, K. J., Singh, I., Bhade, S. R., Kaul, C. L. and Panchagnula, R. 2002. Assessment of bioequivalence of rifampicin, isoniazid and pyrazinamide in a four drug fixed dose combination with separate formulations at the same dose levels. *Int. J. Pharm.*, 233: 169-77.

Agrawal, S., Singh, I., Kaur, K. J., Bhade, S. R., Kaul, C. L. and Panchagnula, R. 2004. Comparative bioavailability of rifampicin, isoniazid and pyrazinamide from a four drug fixed dose combination with separate formulations at the same dose levels. *Int. J. Pharm.*, 276: 41-49.

Buck, R.P. and Lindner, E. 1994. Recommendations for nomenclature of ion-selective electrodes. *Pure Appl. Chem.*, 66: 2527-2536.

Coldur, F., Andac, M., Isildak, I. and Saka, T. 2009. A micro-sized PVC membrane Li<sup>+</sup>-selective electrode without internal filling solution and its medical applications. *J. Electroanal. Chem.*, 626(1-2): 30-35.

Coldur, F., Andac, M., and Isildak, I. 2010. Flow-injection potentiometric applications of solid state Li<sup>+</sup> selective electrode in biological and pharmaceutical samples, *J. Solid State Electrochem.*, 14: 2241-2249.

Driouich, R., Takayanagi, T., Mitsuko, Oshima, and Motomizu, S. 2003. Investigation of salicylaldehyde-5-sulfonate as a precolumn derivatizing agent for the determination of n-alkane diamines, lysine, diaminopimelic acid, and isoniazid by capillary zone electrophoresis. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 30: 1523-1530.

Khuhawar, M.Y. and Rind, F.M.A. 2002. Liquid chromatographic determination of isoniazid, pyrazinamide and

- rifampicin from pharmaceutical preparations and blood. *J. Chromatogr. B*, 766: 357–363.
- Lapa, R.A.S., Lima, J.L.F.C. and Santo, J.L.M. 2000. Fluorimetric determination of isoniazid by oxidation with cerium (IV) in a multicommutated flow system. *Analytica Chimica Acta*, 419: 17–23.
- Pretsch, E. 2007. The new wave of ion-selective electrodes. *Trends Anal. Chem.*, 26: 46-51.
- Safavi, A., Karimi, M. A. and Hormozi Nezhad, M. R. 2003. Flow-injection determination of isoniazid using sodium dichloroisocyanurate and trichloroisocyanuric acid-luminol chemiluminescence systems. *Il Pharmaco*, 59: 481–486.
- Shahrokhian, S., and Asadian, E. 2010. Simultaneous voltammetric determination of ascorbic acid, acetaminophen and isoniazid using thionine immobilized multi-walled carbon nanotube modified carbon paste electrode. *Electrochimica Acta*, 55: 666–672.
- Umezawa, Y., Buhlmann, P., Umezawa, K., Tohda, K. and Amemiya, S. 2000. Potentiometric selectivity coefficients of ion-selective electrodes Part 1 Inorganic cation. *Pure Appl. Chem.*, 72: 1851-2082.
- Xiong, Y., Zhou, H., Zhang, Z., He, D. and He, C. 2007. Flow-injection chemiluminescence sensor for determination of isoniazid in urine sample based on molecularly imprinted polymer. *Spectrochimica Acta Part A*, 66: 341–346.
- Zhang, H., Wu, L., Li, Q. and Du, X. 2008. Determination of isoniazid among pharmaceutical samples and the patients' saliva samples by using potassium ferricyanide as spectroscopic probe reagent. *Analytica Chimica Acta*, 628: 67–72.

## Fabrication of A Superhydrophobic Surface with Silica Nanoparticles and Polytetrafluoroethylene

Somaiyeh JAFARPOUR<sup>1\*</sup> and Mehmet ERTUGRUL<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> Department of Nanoscience and Nanoengineering, Atatürk University, Erzurum, Turkey

<sup>2</sup> Nanoscience and Nanoengineering Application and Research Center, Atatürk University, Erzurum, Turkey

<sup>2</sup> Department of Electrical and Electronics Engineering, Atatürk University, Erzurum, Turkey

(Geliş Tarihi/Received: 09.09.2015, Kabul Tarihi/Accepted: 08.10.2015)

### ABSTRACT

In this paper we fabricate a superhydrophobic surface with Silica nanoparticles and Poly tetrafluoroethylene (PTFE) by using spin coating and microwave plasma treatment on the glass substrate. During the spin coating, the effect of rotation speed on superhydrophobicity is investigated and the optimum rotation speed with high contact angle is identified. It is found that the reaction of PTFE by microwave argon plasma yields a superhydrophobic surface with contact angle of 163° which is more than the contact angle of the surface without microwave plasma coating. The hydrophobicity of the surface is explained based on Wenzel and Cassie-Baxter regime. The characterization of the rough structure including SiO<sub>2</sub> nanoparticles aggregates coated by PTFE is carried out by Scanning Electron Microscopy (SEM), Contact Angle (CA) by contact angle goniometer with deionized water at room temperature.

**Keywords:** Superhydrophobic, Microwave plasma, Spin coating, Silicon dioxide

## Silika Nanoparçacık ve Politetraforoetilen Kullanarak Süperhidrofobik Yüzey Fabrikasyonu

### ÖZET

Bu çalışmada silika nanoparçacıkları ve Poly tetrafluoroethylene (PTFE) ile döndürmeli kaplama ve mikrodalga plazma kullanarak cam alttaş üzerine süperhidrofobik yüzey fabrikasyonu gerçekleştirilmiştir. Döndürmeli kaplama süresince süperhidrofobiklik üzerine döndürme hızı incelenmiş ve en büyük temas açısı için en iyi döndürme hızı belirlenmiştir. Argon ortamında mikrodalga plazmanın etkisiyle PTFE kaplı yüzeyin temas açısının 163° ile mikrodalga plazma uygulanmadığı duruma göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Süperhidrofobiklik, Wenzel ve Cassie-Baxter durumuna uyduğu görülmüştür. Üzerine PTFE kaplı SiO<sub>2</sub> nanoparçacıklar içeren yüzeyin karakterizasyonu Taramalı Elektron Mikroskopu (SEM) ile ve oda sıcaklığında de iyonize su kullanarak temas açısı (CA) ölçümleri yapılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Süperhidrofobik, Mikrodalga plazma, Döndürmeli Kaplama, Silyum dioksit

### 1. Introduction

Wettability of a surface is one of the important properties of a material which is

introduced by “hydrophobicity” term. A surface is hydrophobic when, the contact angel between surface and water is larger

than  $90^\circ$ , while the contact angle is greater than  $150^\circ$  it is ultra-hydrophobic which is called superhydrophobic (Ramaratnam et al., 2008). On a superhydrophobic surface a droplet placed as a circle on the surface and in some cases the surface will repel the droplet (Jung, 2009). Superhydrophobic surfaces have many applications in industry such as corrosion, self-cleaning materials, anti-icing, micro-fluidics, oxidation and other applications (Foroughi Mobarakeh, Jafari, & Farzaneh, 2011). Depending on the applications, there are various methods to create superhydrophobic surfaces like: including plasma treatment, lithography, sol-gel process, chemical vapor deposition, electrospinning, and colloidal assemblies (Gao, Yan, Chen, & Mee, 2011). Surface roughness and surface chemistry are two important factors in fabricating a superhydrophobic surface (Xue, Jia, Zhang & Ma, 2010). Hence, these surfaces prepared during a two-step process, surface roughness creation and coating with low surface tension materials (Momen & Farzaneh, 2012). There are some regimes that explain the factors. Wenzel regime that indicates the roughness and Cassie-Baxter model that indicates the low surface energy materials in superhydrophobic surfaces. Nanoparticles, especially Silica nanoparticles are used to create roughness on a surface (He et al., 2012). Silica nanoparticles can create hierarchical structure with nano and microscale roughness on a surface (Gao et al., 2011). Many polymers are hydrophobic, Fluorocarbons such as Teflon are materials with low surface energy, these materials are

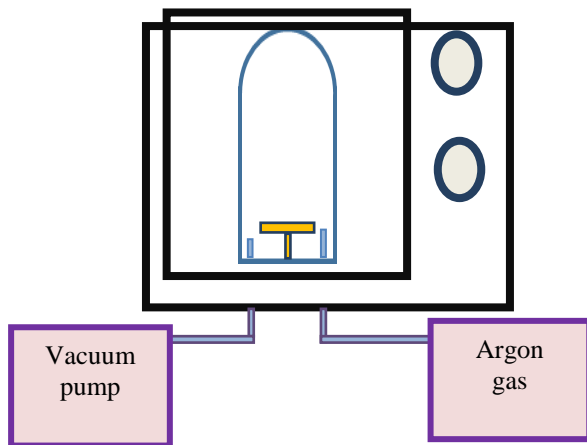
thermally and UV stable and can be used in waterproof clothing, concrete and paint with very low friction in water (Irzh, Ghindes, & Gedanken, 2011). In this study we prepare a hierarchical superhydrophobic surface including micro and nanostructure from  $\text{SiO}_2$  and PTFE by of Plasma coating and without MW (Microwave) Plasma coating.

## 2. Materials and Methods

PTFE spray which is for lubrication in industry application, Silica ( $\text{SiO}_2$ ) nanoparticles (fumed powder, Aldrich) with mix of two different average sizes (5 nm and 15 nm) are used in this study. Handmade spin coating and domestic microwave oven (1000W, Kenwood) including a drilled hole in its down part, a plasma chamber made from Pyrex, an argon cylinder, a vacuum pump is applied as a reaction system. Glass substrates were cleaned during 3 cleaning process, first ultrasonically cleaned in acetone and distilled water, the dried and cleaned in piranha solution and at last cleaned by HF solution to remove oxides on the surface.

Silica suspension was prepared by adding 0.3 mg of  $\text{SiO}_2$  nanoparticles in 10 ml toluene. Then the suspension was sonicated for 1 hour. The prepared suspension was coated on the clean dry glass substrates by spin coating in different rotation speed. The wettability of these coatings was investigated using water droplets by Kruss contact angle goniometer to measure the contact angle. Then prepared solution of PTFE in toluene (%w/v) was spin coated on rough glass slides deposited by silica nanoparticles. Then

substrates divided into two groups, first group after spin coating process were placed in high vacuum system for 30 min and then dried in oven for 2 hours in 120°C, the second group after spin coating process were placed in microwave plasma chamber for plasma treatment, schematic illustration of the reaction system is shown at Figure 1, the vacuum pump start working the pressure inside the chamber down to  $1 \times 10^{-2}$  Torr, argon was pumped through the chamber for 15s, then the microwave activated in order to plasma treatment for about 5s.



**Figure 1.** Schematic illustration of the reaction system.

The treated glasses by microwave plasma placed in high vacuum for 30 min and then dried in oven the same as the first group.

### 3. Results and Discussion

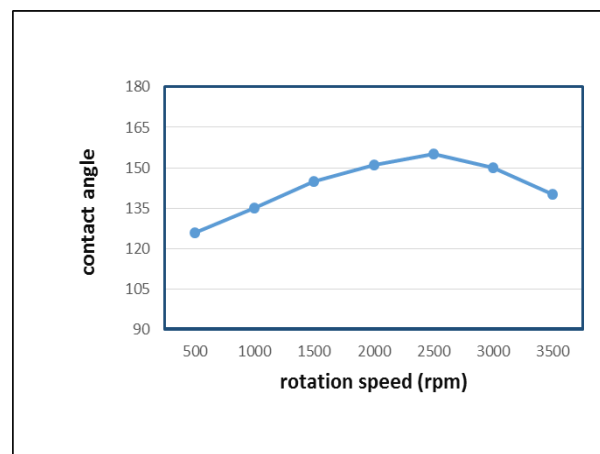
We investigate the surface hydrophobicity of different rotation coatings according to the Table 1, the effect of spin coating rotation in surface roughness is depicted in Figure 2. The contact angle measurements show that the contact angle increases by increasing the rotation speeds. By increasing the speed,

dispersion of SiO<sub>2</sub> nanoparticles, so the film thickness is decreases after 2500 rpm.

**Table 1.** Spin coating rotation speed effect in hydrophobicity.

Sample	SiO <sub>2</sub> (mg)/ (ml)	Rotation (rpm)	Contact Angle (°)
1	0.3	500	126
2	0.3	1000	135
3	0.3	1500	145
4	0.3	2000	151
5	0.3	2500	155
6	0.3	3000	150
7	0.3	3500	140

After spin coating with PTFE with concentration of 1 % w/v, contact in each rough surface increased because of coating by low surface energy PTFE. Plasma treatment of the same surfaces coated with SiO<sub>2</sub> nanoparticles showed about 4 degrees increase in contact angle. The water droplets easily roll off the surface coated in 2500 rpm and treated by Microwave Plasma coating. We find out that the hydrophobicity property



**Figure 2.** Contact angle relation with roughness in different rotation speeds

of the surfaces turns into superhydrophobicity and rolling property.

In surfaces coated in 2500 rpm and treated with Microwave Plasma, micro and nanoscale structure created because of the aggregation of silica nanoparticles. The aggregation in this rpm results in suitable roughness with good thickness. Superhydrophobicity enhanced by creating the micro and nano hierarchical structures. SEM images of the surfaces in Figure 3 show the surface hierarchical structure.

After spin coating by PTFE the contact angle increased about 2 degrees without microwave plasma treatment. After MW plasma treatment the contact angle increased about 4 degrees for some surfaces according to the Table 2.

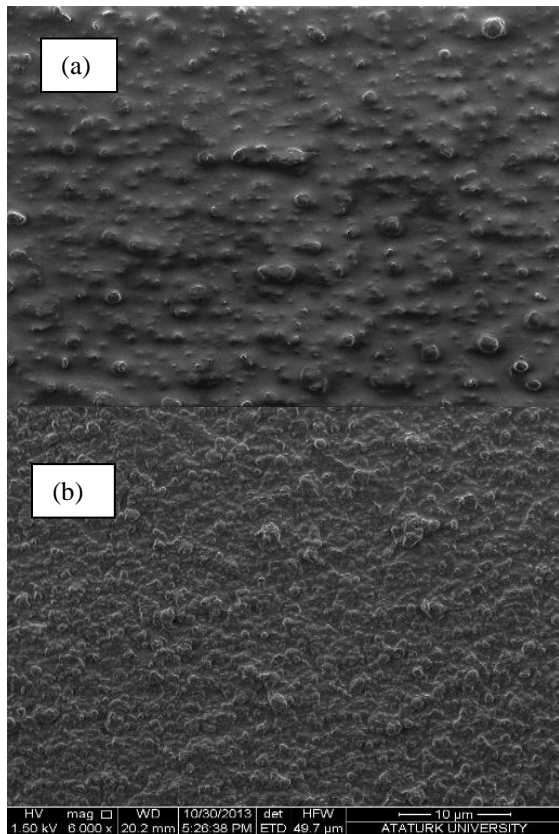
The change in contact angle and change increasing in hydrophobicity property into superhydrophobicity and water repelling property after microwave plasma coating shows that the hydrophobicity before coating with PTFE follows the Wenzel regime which indicated just for roughness but after coating with PTFE and increase in hydrophobicity shows the change of Wenzel regime into Cassie-Baxter regime because of air trapped between roughness and reduce the adhesion between droplets and surface. It means that hierarchical structure of roughness is the main factor of change in Wenzel model into Cassie-Baxter model.

**Table 2.** Contact angle measurements before and after microwave plasma treatment.

Sample	Rotation (rpm)	Contact Angle (°) before MW plasma	Contact Angle (°) after MW plasma
1	500	127	128
2	1000	138	139
3	1500	146	150
4	2000	153	155
5	2500	159	163
6	3000	152	153
7	3500	143	147

The change in contact angle and change increasing in hydrophobicity property into superhydrophobicity and water repelling property after microwave plasma coating shows that the hydrophobicity before coating with PTFE follows the Wenzel regime which indicated just for roughness but after coating with PTFE and increase in hydrophobicity shows the change of Wenzel regime into Cassie-Baxter regime because of air trapped between roughness and reduce the adhesion between droplets and surface. It means that hierarchical structure of roughness is the main factor of change in Wenzel model into Cassie-Baxter model.





**Figure 3.** SEM image of 500 rpm rotation speed coating (a), SEM image of optimum 2500 rpm rotation speed coating (b)

#### 4. Conclusion

This paper presents a simple method to fabricate a superhydrophobic coating on a glass surface. For 0.3 mg solution of silica nanoparticles the largest contact angle is observed when the rotation speed of coating is 2500 rpm while hierarchical structure is created and superhydrophobic property of this surface increased up to 159 after coating by PTFE and water repellency property is observed in this surface after microwave plasma treatment.

#### 5. References

Foroughi Mobarakeh, L., Jafari, R., & Farzaneh, M. 2011. Superhydrophobic

Surface Elaboration Using Plasma Polymerization of Hexamethyldisiloxane (HMDSO). *Advanced Materials Research*, 409, 783–787.

Gao, N., Yan, Y. Y., Chen, X. Y., & Mee, D. J. 2011. Superhydrophobic surfaces with hierarchical structure. *Materials Letters*, 65(19-20), 2902–2905. Elsevier B.V. Retrieved from <http://dx.doi.org/10.1016/j.matlet.2011.06.088>.

He, Z., Ma, M., Xu, X., Wang, J., Chen, F., Deng, H., Wang, K., et al. 2012. Fabrication of superhydrophobic coating via a facile and versatile method based on nanoparticle aggregates. *Applied Surface Science*, 258(7), 2544–2550. Elsevier B.V. Retrieved from <http://dx.doi.org/10.1016/j.apsusc.2011.10.090>.

Irzh, A., Ghindes, L., & Gedanken, A. 2011. Rapid deposition of transparent superhydrophobic layers on various surfaces using microwave plasma. *ACS Applied Materials and Interfaces*, 3(12), 4566–4572.

Momen, G., & Farzaneh, M. 2012. A ZnO-based nanocomposite coating with ultra water repellent properties. *Applied Surface Science*, 258(15), 5723–5728. Elsevier B.V. Retrieved from <http://dx.doi.org/10.1016/j.apsusc.2012.02.074>.

Jung, C. Y. 2009. Natural and Biomimetic Artificial Surfaces for Superhydrophobicity, Self-Cleaning, Low Adhesion, and Drag Reduction Dissertation.

Ramaratnam, K., Iyer, S. K., Kinnan, M. K., Chumanov, G., Brown, P., & Luzinov, I. 2008. Ultrahydrophobic textiles: Lotus approach. AATCC Review, 8(1), 42–48.

Xue, C. H., Jia, S. T., Zhang, J., & Ma, J. Z. 2010. Large-area fabrication of superhydrophobic surfaces for practical applications: an overview. Science and Technology of Advanced Materials, 11(3), 033002.

## Farklı Hammadde Kaynaklarından Kitinin Saflaştırılması ve Tekstil Uygulamaları

İbrahim ÜÇGÜL<sup>1</sup>, Sultan ARAS<sup>2\*</sup>, Dicle ÖZDEMİR KÜÇÜKÇAPRAZ<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Tekstil Mühendisliği Bölümü

<sup>2</sup>Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyomühendislik Anabilim Dalı

(Geliş Tarihi/Received: 09.03.2016, Kabul Tarihi/Accepted: 11.03.2016)

### ÖZET

Dünyada çapında, büyük miktarda yengeç, karides ve mantar gibi ürünler değerlendirilmeden çevreye atılmaktadır. Günümüzde atıkların yeniden değerlendirilmelerinin gündeme gelmesiyle birlikte, bu ürünlerden yeni ürünler elde edilmektedir. Bu ürünlerin başında kitin ve türevleri gelmektedir. Kitin, çeşitli alanlarda yüksek kullanım potansiyeline sahip bir materyaldir. Mantarların hücre duvarlarının, böceklerin ve eklem bacaklıların dış iskeletlerinin yapısında ve deniz omurgasızlarının kabuklarının temel yapısında bulunmaktadır. Bu araştırmada, kitinin kristal yapıları, mantar ve kabuklu canlılardan sentezi ve tekstil sektöründeki uygulamalarından bahsedilmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Kitin, Kitin Kristal Yapısı, Mantar Esaslı Kitin, Tekstilde Kitin Uygulamaları

## Purification of the Chitin from Different Sources Material and Textile Applications

### ABSTRACT

Throughout the world, a large amount of crabs are discarded into the environment without evaluating products such as shrimp and mushrooms. Today, they do not come up with a re-evaluation of waste, new products, these products are obtained. This product comes at the beginning of chitin and its derivatives. Chitin is a material having a high potential in various fields. The cell walls of fungi, insects, and the structure of the exoskeleton of arthropods and marine invertebrates has the basic structure of the shell. In this study, the crystal structure of chitin, mushrooms and shellfish are mentioned in the synthesis and applications of the textile industry alive.

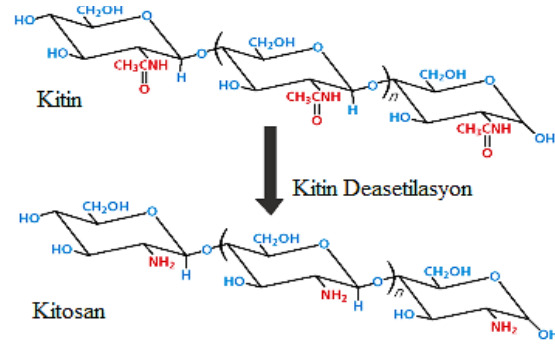
**Keywords:** Chitin, The Crystal Structure of the Chitin, Based Mushroom Chitin, Textile Applications of Chitin

### 1. Giriş

Kitin, N-asetil-D-glukozamin gruplarını içeren ve dünyada selülozdan sonra en yaygın bulunan polisakkarit esaslı bir biyopolimerdir (İmamoğlu, 2011; Castro ve Paulin, 2012; Yıldız ve Yangılar, 2014).

Kitin; beyaz, sert, elastik olmayan, azotlu bir polisakkarittir (Kumar, 2000). Kitinin birçok türevi bulunur ve bunlar arasında en önemlisi kitosandır. Kitosan kitinden deasetile edilir (Oyar, 2015). Kitinin tersine asidik solüsyonda çözünebilir. Selülozun moleküler yapısına benzerlik göstermektedir. (Kuzgun ve İnanlı, 2013). Kitine göre birçok avantaja da sahip olan kitosan başta gıda,

kozmetik, ziraat, tıp, kâğıt ve tekstil olmak üzere birçok farklı dalda kullanım alanı bulmuştur (Varlık vd., 2004). Ayrıca; kitin ve türevleri kısmen insan enzimleri ile emilebilir ve zehirli olmadığından ve parçalandığında glikoza çevrilebilen sakkarit makro molekülleri oluşturduğundan insan vücudu içinde yararlıdır. Yaralı dokuda kullanıldığında yarayla aktif hale gelir, alerjik ve istenmeyen reaksiyonlar göstermez (Özdemir, 2006). Şekil 1'de de kitinin deasetilasyonu sonucu en önemli türevi olan kitosan elde edilmektedir (İmamoğlu, 2011; Yıldız ve Yangılar, 2014; Struzczyk vd., 2011).



**Şekil 1.** Kitinin Deasetilasyonu ile Kitosanın Meydana Gelmesi (İmamoğlu, 2011; Yıldız ve Yangılar, 2014; Struzczyk vd., 2011).

**Tablo 1.** Kitinin Kristal Yapısı (Minke ve Blackwell, 1978; Saito vd., 1997; Zakaria, 1997; Özparlak, 2003; Aranz vd., 2009).

KİTİN FORMU	ÖZELLİKLERİ	POLİMERİK GÖSTERİMİ
<b><math>\alpha</math> - kitin</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Doğada en fazla bu formda bulunur.</li> <li>- Diğer kristal yapılara göre daha serttir.</li> <li>- En stabil olan formdur.</li> </ul>	
<b><math>\beta</math> - kitin</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <math>\alpha</math> kitine göre daha az kararlıdır.</li> <li>- Çözülme ve şişme halinde <math>\beta</math> kitin <math>\alpha</math> kitine dönüşür.</li> <li>- Esnekliğin ve yumuşaklığın gerektiği bölgelerde bulunur.</li> <li>- Fungal hücre duvarlarının temel bileşenidir.</li> </ul>	
<b><math>\gamma</math> - kitin</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Daha nadir bulunur.</li> <li>- <math>\alpha</math> ve <math>\beta</math> formlarının bir karışım veya ara formu olduğu düşünülmektedir.</li> <li>- Hem paralel hem de anti paralel bir düzene sahiptir.</li> </ul>	

Kitin, polimer yapısında dizilimine göre 3 farklı formda bulunabilir. Kristal bölge içindeki zincirlerin farklı düzenlenmesi ile oluşan  $\alpha$ ,  $\beta$  ve  $\gamma$  kitinin özellikleri Tablo 1. 'de detaylandırılmıştır.

## 2. Kitinin Hammadde Kaynakları

Yengeç, karides gibi kabuklu su ürünlerinin ana maddesi olan, böceklerin iskeletinde ve mantarların hücre duvarlarının yapısında bulunan kitin;

dünyada yıllık üretiminin yaklaşık  $150 \times 10^3$  ton civarında olduğu belirtilmektedir. Bunun  $56 \times 10^3$  tonu karidesten,  $39 \times 10^3$  tonu çeşitli deniz kabuklularından,  $32 \times 10^3$  tonu mantarlardan ve  $23 \times 10^3$  tonu istiridyelerden elde edilmektedir (Guang, 2002; Demir ve Seventekin, 2009). Farklı organizmalarda bulunan ağırlıkça saf kitin yüzdeleri Tablo 2. 'de detaylı olarak sınıflandırılmıştır.

**Tablo 2.** Farklı Organizmalarda Bulunan Ağırlıkça Saf Kitin Yüzdesi(Hobel,2004; Kurita, 2006; Rinaudo, 2006; Arbia vd., 2013).

Organizma	Ağırlıkça kitin(%)	Organizma	Ağırlıkça kitin(%)
<b>Kabuklular:</b>		<b>Yumuşakçalar:</b>	
Cancer (Yengeç)	72.1***	Clam(İstiridyeye)	6.1
Carcinus (Yengeç)	64.2**	shell oysters(Kabuk İstiridyeye)	3.6
Paralithodes (Kral Yengeç)	35.0**	squid pen (Kalamar)	41.0
Callinectes (Mavi Yengeç)	14.0*	Krill (Kabuklar)	40.2
Crangon and Pandalus (Karides)	17-40	<b>Mantarlar:</b>	
Alaska shrimp(Alaska Karides)	28.0****	Aspergillus niger	42.0****
Nephro(Istakoz)	69.8***	Penicillium notatum	18.5****
Homarus(Istakoz)	60-75***	Penicillium chrysogenum	20.1****
Lepas(Yabani Kaz)	58.3***	Saccharomyces cerevisiae	2.9****
<b>Haşarat:</b>		Mucor rouxii	44.5
Periplaneta (Hamam Böceği)	2.0****	Lactarius vellereus	19.0
Blatella (Hamam Böceği)	18.4***		
Coleoptera (Uğur Böceği)	27-35***		
Diptera(Çift Kanatlılar)	54.8***		
Pieris (Kelebek)	64.0***		
Bombyx (İpek Böceği)	44.2***		
Galleria (Balmumu Solucanı)	33.7***		

\* Vücut taze kütlesi ile karşılaştırılması, \*\* Gövdesi kuru kütlesine göre, \*\*\* Organik kütikül kütlesine göre, \*\*\*\* Kütikül toplam kütlesine göre, \*\*\*\*\* Hücre duvarının kuru kütlesine göre değerlerini gösterir.

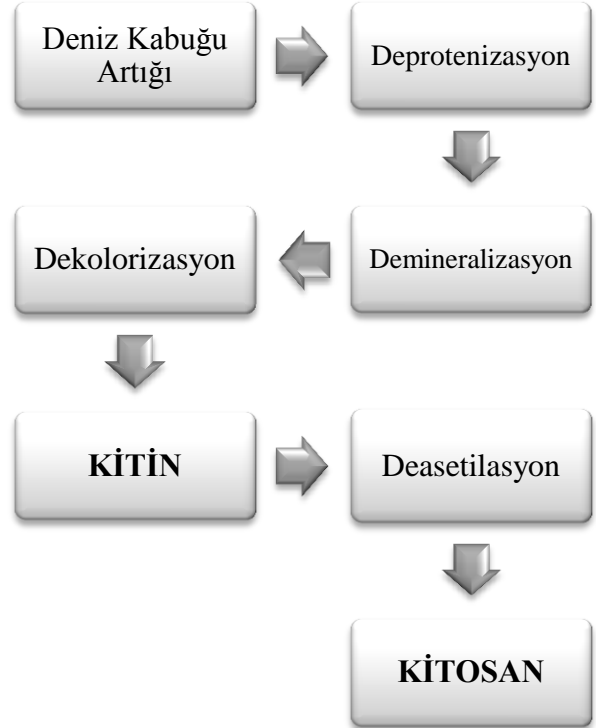
## 2.1. Deniz Kabuklularından Elde Edilen Kitin ve Türevleri

Kitin; protein, mineral vb. gruplarından uzaklaştırılarak, kimyasal yollarla, farklı ham kitin olarak elde edilmektedir. Kabuklu su ürünleri artıklarının başta kitin olmak üzere çeşitli ürünlerin eldesi şeklinde değerlendirilmesiyle hem ekonomik açıdan kazanç hem de çevre açısından oldukça büyük yarar sağlanmış olmaktadır (Kumar, 2000). Genel olarak bakıldığında, yengeç, istakoz ve karides gibi deniz hayvanlarının kabuk kısmının % 30-40 protein, % 30-50 kalsiyum karbonat ve kalsiyum fosfat ile % 20-30'u kitinden oluşmaktadır. Bu oranlar ve türler mevsimlere bağlı olarak değişim göstermektedir (Cho vd., 1998). Kabuk artıklardan kitin eldesi için, kabuk artıkları alkali ve asit ile işlem görerek, bu artıklardan protein ve mineral maddelerin uzaklaştırılması sağlanmaktadır. Sonuçta uygun işleme metotları uygulanarak yüksek kalitede kitin elde edilebilmektedir (Pinelli vd., 1998). Kabuklu deniz hayvanlarının yapısındaki protein bazı insanlarda alerjiye sebep olabilmektedir. Dolayısıyla, proteinin tamamen uzaklaştırılması özellikle biyomedikal uygulamalarda kullanımı açısından son derece uygundur (Guang, 2002; Demir ve Seventekin, 2009). Şekil 2'de deniz kabuğundan kitin ve kitosanın eldesinin basamakları yer almaktadır (İmamoğlu, 2011; Yıldız ve Yangılar, 2014).

## 2.2. Mantar Esaslı Kitin ve Türevleri

Kitin; kabuklu deniz canlıları, (karides, yengeç, istakoz gibi) ve böcekler

(akrep, gelinböceği, kelebek, sivrisinek gibi) başta olmak üzere doğada maya, mantar, alg gibi daha birçok organizmada yaşamsal öneme sahip yapılar olarak kendini gösterir.



Şekil 2.Kitin Ve Kitosanın Deniz Kabuklularından Eldesi (İmamoğlu, 2011; Yıldız Ve Yangılar, 2014).

Mantarlar, klorofilsiz, heterotrof, iplikli yapıda, spor oluşturan, parazit, saprofit ve simbiyotik olarak yaşayan organizmalardır(Adams, 2004). Hücre duvarlarına sahip olan mantarların bu yapılarında kitin, kitosan, glukan gibi maddeler yoğun şekilde bulunur. Özellikle, Basidiomycetes ve Chytridiomycetesler (kitin), Zygomyceteslerde (kitin + kitosan), Ascomyceteslerde (kitin) türleri başta olmak üzere birçok mantar türünde kitin belli yoğunluklarda bulunur (Arda, 2015). Mantarların türüne göre değişiklik göstermekle birlikte, genel olarak hücre

duvarlarının %22 - %44'ü kitinden oluşmaktadır. Mantarlardan elde edilen kitin, deniz kaynakları ile kıyaslandığında az miktarda olmakla birlikte kitin ve kitosanın geniş kullanım alanları nedeniyle mantarların da kitin ve kitosan kaynağı olarak kullanılmak amacıyla ticari olarak üretimleri yapılmaktadır (Patil vd., 2000). Mantarlardan kimyasal yolla kitin eldesi şekil 3.'de verilmiştir.



**Şekil 3.** Mantarlardan Kimyasal Yolla Kitin Eldesi (Demir ve Seventekin, 2009).

İnsan sağlığı açısından tehdit oluşturan birçok mantar türünden elimine edilen kitin ve türevleri hammadde kaynaklarının aksine aynı zehirli içeriğe sahip değildirler (Varlık ve Üçok, 2006). Kitin miktarının kabuklu canlılara göre

mantarlarda daha az olması, zehirli içerik endişesi, gıda ürünü olarak kullanılan kabuklu deniz ürünlerinin atıklarını değerlendirme gibi nedenler mantarların kitin kaynağı olarak birincil derecede tercih edilmemesinde başlıca etkenler olduğu düşünülmektedir.

### 3. Kitin Sentezi İçin Uygulanan Yöntemler

Kitin ve türevleri genel olarak kabul edilmiş toksik olmayan, biyolojik olarak bozulabilen doğal bir polimerdir. Kitin, yengeç ve karides kabuklarından ve mantar misellerinden kolayca elde edilmektedir. Mantar misellerinden elde edilmesinde, kitosan-glukan bileşiklerinin üretimi fermantasyon yolu ile yapılır ve alkaliyle muamele gerektirmektedir. Alkali ile muamele de eşzamanlı olarak protein uzaklaştırılır ve kitin sentezlenir (deasetil) (Çağlar, 2005). Kitinin kaynağından saflaştırılması işlemleri aşağıda sırasıyla açıklanmıştır.

**3.1. Kimyasal Yöntem:** Kitin konsantre hidroklorik asit, sülfürik asit ve çok soğuk asetik asit içerisinde çözünebilir. Ancak su, seyreltik asit, alkali ve organik çözücülerde çok zor çözünürler (Özdemir, 2006). Kitinin kimyasal izolasyonu, çoğunlukla kabuklu canlılardan kitin sentezinde kullanılır. Kabukta bulunan diğer maddelerin uzaklaştırılması ile gerçekleştirilir. Bunun için yapılan işlemler dört ana basamakta toplanabilir (Çağlar, 2005):

1. Kabukların hazırlanması

2. Deproteinizasyon (Uygun bir asit alkali ile proteinlerin uzaklaştırılması) **3.2. Biyolojik Yöntem:** Kitosanın biyolojik sentezinde, *Mucorrouxi*, *Phycomyces blakesleeanus* gibi çeşitli organizmalarla gerçekleştirilmiştir. Bu organizmaların hücre kültürleri kitosan üretimi için kullanılmakta ve elde edilen ürün *Aspergillu sniger*'in kültür ortamına ilave edilmesiyle geliştirilmektedir(Kuzgun ve İnanlı, 2013).
3. Demineralizasyon (Minerallerin ve Kalsiyum karbonat (kalsiyum fosfat) uzaklaştırılması )
4. Dekolorasyon (Renk ayırımıdır. Sodyum hipoklorit ile Pigmentlerin uzaklaştırılması).

**Tablo 3.** Kitin Sentezi İçin Uygulanan Kimyasal Ve Biyolojik Yöntemlerin Karşılaştırılması (Khor, 2001; Sorlier vd., 2001;Arbia vd., 2013)

		<b>Kimyasal Yöntem</b>	<b>Biyolojik yöntem</b>
<b>Kitinin Kazanımı</b>			
	<i>Demineralizasyon</i>	Asidik muamele ile mineral çözdürme.( HCL, HNO <sub>3</sub> , H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , CH <sub>3</sub> COOH ve HCOOH )	Bakteri ve laktik asit tarafından ilave edilen karbon kaynağıdır.
	<i>Deproteinizasyon</i>	Alkali ilavesi ile protein çözdürme.	Salgılanan proteazlar tarafından yürütülen fermantasyon ortamına deproteinizasyon ekleyerek elde edilir. Kitin eldesinde proteolitik bakteriler ve proteazlar yardımcı olur.
		Asit ve alkali işlem sonrası atık su arıtmada suyun içinde kitinde bulunmaktadır. Bu hem kitin kaybını hem de arıtımın maliyeti artırır.	Biyolojik yöntemde kitin eldesinin maliyeti azaltıp karbon kaynağı olarak optimize edilebilir.
			Proteinler ve mineraller sulandırılarak insan ve hayvanlar için besin kaynağı olarak kullanılabilirler.
<b>Kitinin Kalitesi</b>			
	Kitin üretiminde önemli bir sorun, molekül ağırlığı ile asetilasyon derecesinin bir fonksiyonu olan son ürünün kalitesidir.	Kimyasal Yöntemde kitin kalitesi ve özellikleri için geniş bir ürün yelpazesi vardır.	Biyolojik yöntemde ise, homojen ve iyi kalitede ürün elde edilir.
		Bu yöntemde organik tuzlar, deasetilasyon ve depolimerizasyondaki reaksiyona sebep olabilecekleri için kaldırılabilir.	
		HCl ve inorganik asitlerin asetilasyon derecesinde kullanımı kitinin saflaştırılmasında olumsuz etki oluşturur ve kitinin yapısındaki özelliklerini etkiler.	
		Dört farklı asitler ile elde edilen farklı kitinler karşılaştırması, polimer özellikleri, kullanılan sentezleme yöntemine göre farklılık göstermektedir.	



Kitin sentezi için uygulanan kimyasal ve biyolojik yöntemlerin kitinin kazanımı ve elde edilen ürünün kalitesi bakımından karşılaştırılması Tablo 3. 'de verilmektedir.

**Enzimatik Yöntem:** Enzimlerle işlemlerde mantarlarda kitin ile birlikte bulunan protein miktarının yaklaşık % 5 kadar olduğu bilinmektedir (Kuzgun ve İnanlı, 2013). Enzimatik yöntemler özellikle gıda üretimi ve kalite güvencesi için önemlidir (Protek, 2015). Enzimatik oksidasyon teknikleri, meyve sularında, biralarda, tekstil, gıda sanayisinde ve kimya gibi oldukça farklı endüstriyel alanlar için potansiyel bir uygulama alanına sahiptirler (Kara köse, 2011).

Kitin çoğunlukla mantarların hücre duvarında bulunmaktadır. Kitinin sentezinde görev alan chitinsynthase enzimi birçok mantarda zymogen (inaktif formda) halinde sentezlenir. Sonradan, proteolitik enzimlerin (kısmi proteolitik) etkileri ile aktif enzim haline dönüştürülür. Son yıllarda, elektron mikroskopla yapılan çalışmalarda chitinsynthase enziminin hücre içinde partiküller halinde (chitosome) bulunduğu gösterilmiştir. Eğer kitosanlar, enzim, proteolitik enzim ve substrat ile birlikte inhibe edilirse, bir süre sonra tipik kitin mikro fibrinlerinin oluştuğu gözlenebilir (Taş vd., 2012).

Yukarıda, birçok farklı deneysel çalışma yapılmakla birlikte, yaygın olarak kullanılan yöntemler kısaca açıklanmıştır. Kitinin kimyasal yöntemler ile sentezlenmesiyle, kullanılan kimyasallara bağlı olarak çoğunluğu daha sonraki

uygulamalarda biyolojik olarak uyumlu bu polimerle tezat oluşturan toksin etkiye sebep olan atık maddeler açığa çıkmaktadır. Bu kimyasal atıklar çevre sağlığı açısından zararlı etkilerinin olduğu bilinmektedir. Yeşil prosesler olarak da günümüzde oldukça ilgi gören biyolojik ve enzimatik sentezlenme yolları kitin sentezlemede başvurulan diğer yöntemlerdir. Her iki yöntemde de kimyasal kullanımı minimize edildiği için kimyasal atık sorunu ortadan kalkmış olur.

#### **4. Kitin ve Kitosanın Tekstil Uygulamaları**

Kitin ve kitosan günümüzde tıptan gıdaya, ziraattan kozmetiğe, eczacılıktan atık su arıtımına ve tekstil sektörüne kadar sayısız alanda kullanılabilir. Tekstilde kitin ve türevlerinin kullanım amaçları aşağıda listelenmiştir (Felse, 1999; Morfin vd., 2002; Rabea vd., 2003; Çay ve Duran, 2004; Demir ve Seventekin, 2009; Pacheco vd., 2009; İmamoğlu, 2011; Taş vd., 2012; Kuzgun ve İnanlı, 2013).

- Antimikrobiyal özellik kazandırması,
- Yünlü kumaşlarda çekmezlik sağlaması,
- Reaktif boyamada tuz miktarını azaltması,
- Pamuğun asit boyarmaddelerle boyana birlik kazanması,
- Anti statik özellik kazandırılması, deodorant maddesi olarak,
- Yara bandı yapımında,

- Sargı bezi yapımında ve yara tedavisinde (yara tedavisini % 30 oranında hızlandırmaktadır.),
- Tıbbi tekstillerde implante edilen ürünlerin hammaddesi ya da kompoziti olarak,
- Mikrokapsülasyonda,
- Bitki tohumu paketlemede,
- Tekstil hazır-giyimde elyaf olarak kullanılmaktadır.

Örneklerde görüldüğü üzere kitin ve türevleri tekstil uygulamalarında biyobozunur bir polimer olarak yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu ürünlerin tamamına yakını deniz kabuklularının iskeletlerinden elde edilmektedir. Mantar kaynaklı kitin ve türevleri, kot kumaşlarının yumuşatılması ve beyazlaştırılmasında biyolojik taşıma (Çağlar, 2005) amaçlı kullanılmış olmakla birlikte çoğunlukla deneysel çalışmalar dışında çokta ilgi görmemektedir.

## 5. Sonuç

Günümüzde çevre dostu ürünler için yenilenebilir kaynaklara olan ilgi gittikçe artmaktadır. Kitin, N-Asetil-D-glukozamin monomerlerinin (Glc-NAc) $\beta$ -1,4 bağıyla oluşmuş, yüksek molekül ağırlıklı, çözünmez, lineer doğal bir kaynaktır. Doğada selülozdan sonra en çok bulunan polisakkarit olarak bilinir. Mantarların hücre duvarlarının, böceklerin ve eklem bacaklıların dış iskeletlerinin yapısında ve deniz omurgasızlarının kabuklarının temel yapısal bileşenidir.

Çeşitli metotlar kullanılarak elde edilen kitin ve türevlerinin en belirgin özellikleri antimikrobiyal ve antioksidan özellikleri sayesinde değerlendirilebilen biyobozunur polimerler olmalarıdır.

Tekstil alanında da geniş biçimde kullanılan kitin ve türevleri antimikrobiyal, boyama, yünde keçeleşmezlik vb. gibi birçok özellikleri sayılabilmekte ve bu konuda çalışmalar sürmektedir. Kitin ve türevlerinin bu şekilde kullanım olanaklarının genişletilmesiyle, doğa büyük miktarda atık yükü oluşturan deniz kabuklularının önüne geçilmesinin yanı sıra aynı zamanda biyopolimer olarak kullanımıyla başta insan sağlığı olmak üzere herhangi bir yan etki göstermeyen ürünlerin kullanımı avantajından da yararlanılmaktadır.

Bu derleme kitin ve türevlerinin farklı hammaddeler ile saflaştırılması ve tekstilde yaygın uygulama alanları hakkında kısa bilgiler vermeyi amaçlamıştır ve konuyla ilgili çalışmalara yardımcı kaynak olacaktır.

## 6. Kaynaklar

- Adams, D.J., 2004. Fungal Cell Walls Chitinases And Glucanases. *Microbiology*, 150, 2029-2035.
- Aranaz, I., Mengibar, M., Harris, R., Paños, I., Miralles, B., Acosta, N., Galed, G., Heras, A., 2009. Functional Characterization of Chitin and Chitosan. *Current Chemical Biology*, 3, 203-230.
- Arbia, W., Arbia, L., Adour, L., Amrane, A., 2013. Chitin Extraction from

- Crustacean Shells Using Biological Methods. Food Technol. Biotechnol. 51 (1) 12–25.
- Arda, M., 2015. Mantarların Morfolojik Özellikleri. Erişim Tarihi: 16.01.2016.  
<http://www.mikrobiyoloji.org/TR/Genel/BelgeGoster.aspx?F6E10F8892433CFFA79D6F5E6C1B43FF380B7B4044EFBoA3>
- Castro, M., Paulin, L., 2012. Is Chitosan a New Panacea Areas of Application. Erişim Tarihi: 20.12.2015.  
<http://cdn.intechopen.com/pdfs-wm/40589.pdf>
- Cho, Y.I., No, H.K., Meyers, S.P., (1998), Physicochemical characteristics and functional properties of various commercial chitin and chitosan products. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 46: 3839-3843
- Çağlar, Z., 2005. Trichoderma Atrovırıda'den Elde Edilen Kitinazın Kısmi Saflaştırılması. Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 75s, İstanbul.
- Çay, A., Duran, K., 2004. Kitosanın Tekstilde Kullanım Olanakları. Tekstil ve Konfeksiyon Dergisi, 1, 25-27.
- Demir, A., Seventekin, N., 2009. Kitin, Kitosan ve Genel Kullanım Alanları. Tekstil Teknolojileri Elektronik Dergisi, 3(2), 92-103.
- Felse, P.A., Panda T., 1999. Studies on Applications of Chitin and Its Derivatives. Bioprocess Eng., 20, 505–512.
- Guang, W.Y., 2002. The Effect of Chitosan and Its Derivatives on the Dyeability of Silk. The Hong Kong Polytechnic University, Institute of Textiles and Clothing, Thesis of Doctor, 100, Hong Kong.
- Hobel, C.F.V., 2004. Access to Biodiversity and New Genes From Thermophiles by Special Enrichment Methods. University of Iceland, Reykjavik, Thesis of Doctor, 96, Iceland.
- İmamoğlu, Ö., 2011. Biyo kontrolde Doğal Ürünlerin Kullanılması: Kitosan. Türk Hijyen Ve Deneysel Biyoloji Dergisi, 68(4), 215-222.
- Karaköse, M., 2011. Atık Mantar Kompostunun Ligno selülozik Enzim Kaynağı Olarak Kullanımı. Erişim Tarihi: 21.12.2015.  
[http://www.egelisesi.k12.tr/dosyalar/editor/file/Proje26\(2\).pdf](http://www.egelisesi.k12.tr/dosyalar/editor/file/Proje26(2).pdf)
- Khor, E., 2001. Chitin: Fulfilling a Biomaterials Promise. Elsevier Science, Amsterdam, The Netherlands.
- Kumar, M.N.V.R., 2000. A Review of Chitin and Chitosan Applications. Reactive and Functional Polymers, 46(1), 1–27.

- Kurita, K., 2006. Chitin and Chitosan: Functional Biopolymers From Marine Crustaceans. *Marine Biotechnology*, 8, 203–226.
- Kuzgun, N., İnanlı, G., 2013. Kitosan Üretimi ve Özellikleri İle Kitosanın Kullanım Alanları. *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*, 6(2), 16-21.
- Minke, M., Blackwell, J., 1978. Structure of alpha-chitin. *Journal of Molecular Biology*, 120(2), 167-181
- Morfin, I., Hazot, P., Guillot, F., Soler, C., Korwin-Zmijowska, C., Tahiri K., 2002. Percolating Hydrogels For Tissue Engineering. *European cells & materials Journal Impact Factor*. 4, 55–56.
- Oyar, P., 2015. Titantum ve Özellikleri. *Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*, 11(11), 151-159.
- Özdemir, D., 2006. Kemiksi Dokuların Polimer Yöntemi ile Üretilmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi*, Isparta.
- Özparlak, H., 2003. Böceklerde Kutikulanın Yapısı, Deri Değişirme ve Diflubenzuron'un (DFB) Etkileri. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Fen Dergisi* 21, 7-19.
- Pacheco, N., Garnika-González, M., Ramírez Hernández, J.Y., Flores-Albino, B., Gimeno, M., Bárzana, E., Shirai, K., 2009. Effect of Temperature on Chitin and Astaxanthin Recoveries From Shrimp Waste Using Lactic Acid Bacteria. *Bioresource Technology*, 100, 2849–2854.
- Patil, R.S., Ghormade, V., Deshpande, M.V., 2000. Chitinolytic Enzymes: an Exploration. *Enzyme and Microbial Technology*, 26, 473–483
- Pinelli, S.A., Toledo, G.A., Esquerria, B.I., Luviano, S.A., Higuera, C.I., 1998. Shrimp Shell Waste as a Source of Chitin Biopolymers. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 48 (1), 58-61.
- Protek, 2015. Enzimatik Analizler. Erişim Tarihi: 21.12.2015. <http://www.protekanalitik.com/enzimatik-analizler,PR-201.html>
- Rabea, E.I., Badawy, E.T.M., Stevens, C.V., Smagghe, G., Steurbaut, W., 2003. Chitosan as Antimicrobial Agent: Applications and Mode of Action. *Biomacromolecules*, 4, 1457–1465.
- Rinaudo, M. 2006. Chitin and Chitosan: Properties and Applications. *Progress in Polymer Science*, 31, 603-632.
- Saito, Y., Putaux, J.L., Okano, T., Gaill, F. ve Chanzy, H., 1997. Structural Aspects of the Swelling of Beta Chitin in HCL and Its Conversion into Alpha Chitin. *Macromolecules*, 30(13), 3867-3873.
- Sorlier, P., Denuzière, A., Viton, C., Domard, A., 2001. Relation Between the

Degree of Acetylation and the Electrostatic Properties of Chitin And Chitosan. *Biomacromolecules*, 2, 765-772

Struszczyk, H., Orlikowski, B.L., Skrzypczak C., 2011. Chitosan in the Control of Soil-Borne Pathogens. *Chitin Enzymology*, 197-205.

Taş, S.G., Eraslan, T., Kösem, Y., Turan, V., 2012. Mantarlar Alemi (Fungi), Mantarların Metabolizması. Erişim tarihi: 13.01.2016.

<https://yakupkosem.files.wordpress.com/2012/12/mantarlarfungi-alemi.docx>

Varlık, C., Üçok, D., 2006. Biyolojik Katkı Maddesi Kitin. *Dünya Gıda Dergisi*, 2, 70-73.

Varlık, C., Erkan, N., Özden, Ö., Mol, S., Baygar, T. 2004. Su Ürünleri İşleme Teknolojisi, İstanbul Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi, İstanbul Üniversitesi Yayınları, İstanbul pp.473-474.

Yıldız, P., Yangılar, F., 2014. Gıda Endüstrisinde Kitosanın Kullanımı. *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 30(3), 198-206.

Zakaria, Z., 1997. Lactic Acid Purification of Chitin From Prawn Waste Using a Horizontal Rotating Bioreactor. Ph. D. Thesis, Loughborough University.

## Erzincan Kenti Açık-Yeşil Alanlarında Kullanılan Bitkisel Materyalin Belirlenmesi

Gökhan ASKAN<sup>1\*</sup>, Hasan YILMAZ<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Erzincan Üniversitesi, Üzümlü Meslek Yüksek Okulu, Park ve Bahçe Bitkileri Bölümü, Erzincan

<sup>2</sup>Atatürk Üniversitesi, Mimarlık ve Tasarım Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Erzurum

(Geliş Tarihi/Received: 09.03.2016, Kabul Tarihi/Accepted: 11.03.2016)

### ÖZET

Erzincan kent merkezindeki, Kamu kurum ve kuruluşlarına ait açık ve yeşil alanlar ve Özel mülkiyete ait açık ve yeşil alanlar incelenerek kent merkezindeki park ve bahçelerdeki doğal türlerin dışındaki bitki materyali değerlendirilmiştir. Bu alanlardaki bitki sayımları yapılarak, bitkilerin türleri, kullanım alanları, kullanım amaçları, kullanım yoğunlukları, mevsimsel değişimleri ve bitkisel tasarım yönünden değerlendirilmeleri yapılmıştır. Araştırma alanında yapılan çalışmalar sonucunda, 23 familyaya ait 46 geniş yapraklı ağaç, 3 familyaya ait 18 iğne yapraklı ağaç, 21 familyaya ait 34 ağaççık-çalı, 7 familyaya ait 9 sarılıcı olmak üzere toplam 107 bitki taksonu kullanıldığı belirlenmiştir. Bu araştırmada açık-yeşil alanların insan yaşamındaki yeri ve önemi incelenmiş, Erzincan Kenti açık yeşil alanlarında kullanılan bitkilerin tasarım yönünden değerlendirmesi yapılmıştır.

**Anahtar kelimeler:** Açık-yeşil alan, bitki materyali, Erzincan, tür çeşitliliği.

## Determination of Plant Material Used in Erzincan City Open Green Spaces

### ABSTRACT

The open green spaces belong to public institutions and organisations and private property in the city center of Erzincan were examined and plant material except native species in parks and gardens in the city were assessed. Plants in the study area counted and species, usage areas, usage purposes, usage densities, and seasonal changes of plants be assessed in terms of plant design. As a result of field studies including of 46 broad-leaved plant species belonging to 23 families, 18 coniferae belonging to 3 families, 34 shrub and bush plant belonging to 21 families, 9 plant species belonging to 7 families totally 107 plant taxa were determined that used in the research area. In this study, the importance and the place of open green spaces in human life examined and plants that used in Erzincan city open green spaces were determined in terms of plant design.

**Keywords:** Open -green spaces-, plant material, Erzincan, species diversity.

### 1. Giriş

Kentsel yeşil alanlar, kendilerini meydana getiren bitki materyalinin sürekli gelişen – değişen canlı yapısı ile kentsel açık-yeşil alanların en dinamik parçalarını

oluştururlar. Aynı zamanda, cinsiyet, yaş ve sosyoekonomik düzey farklılığı söz konusu olmaksızın kent insanlarına daha yaşanabilir çevre şartları sağlayan dış mekanlar bütününde ayırt etme, sınırlama ve

çevreleme özellikleri yanı sıra rekreasyon potansiyelleri ve kentsel ekolojik yapıyı düzenleyici yönleri ile planlayıcılar ve kullanıcılar bakımından en ilgi çekici kent bölümleridir (Grahn and Stigsdotter, 2003).

Gelişmiş ülkelerde, bu işlevlerin önemini kavrayan yerel yönetimler, kentler ve büyük metropollerde, örneğin, New York'ta Central Park (340 ha), San Francisco'da Golden Gate Park (410 ha), Londra'da Hyde Park (250 ha) gibi çok geniş yeşil alanlar oluşturmuşlardır. Şekil 1.1'deki söz konusu parkların ortak nitelikleri, kent merkezlerinde içlerinde hiçbir beton yapı bulundurmayan, milyonlarca metrekarelik çim alanlar, açık su yüzeyleri ve koruluklardan oluşmalarıdır. Bu geniş alanlar, kent insanların psikolojik baskı ve stresten uzaklaşmasını sağlar, yarattıkları mikro klima ile kentlerin akciğerleri olarak görev yaparlar. Yapılaşmadan korunan geniş yeşil alanlar, farklı türlerden kuş, sincap vb. canlılar için uygun yaşam ortamı yaratarak kent insanının doğa ile bütünleşmesini de sağlarlar (Sarıçam vd., 2008).

Estetik açıdan; plastik bir eleman olan bitkiler çizgi, şekil, doku, renk, tekrar, değişkenlik, denge, ölçü de uyum ve vurgu yönünden, fonksiyonel açıdan ise; görsel kontrol, iklim kontrolü, gürültü kontrolü, kirlilik kontrolü, erozyon kontrolü ve çevre kalitesini arttırmak gibi yararları sebebiyle özellikle kentsel mekanlarda insan konforuna yönelik katkı sağlayıcı etkileri bulunmaktadır (Kelkit, 2002). Kentsel çevrenin kalitesini arttırmakta bitkiler çok önemli rol oynarlar (Yang vd., 2005).



Şekil 1.1. Geniş kitle açık-yeşil alan örnekleri (URL-1, URL-2)

Bitkisel tasarım; tasarım, bilim ve sanatın beraberce el ele yürüdüğü bir süreçtir. Soyut anlamda bir kavram oluşturulmasını ve hem güzel hem de işlevsel ve doğru bir bitkilendirme planı üretmek için alanın çevresel istekleriyle bu soyutlamanın kombine edilmesini gerektirir. İyi tasarım, bunları takiben gelen doğru uygulama ve bakımla tamamlanır. Bir başka deyişle, bu süreç beceri, görüş ve sabır gerektirir (Leszczynski, 1999). Girti vd. (2010), Kentlerde yaşanabilir çevreler ve geleceğe sağlıklı bir nesil yetiştiren ortamlar oluşturmak için ekosistemde 'sürdürülebilirlik ilkesinin' ekolojik temelde

ele alınmasının gerekliliğiyle ilgili öneriler sunulmuştur.

Yılmaz ve Irmak (2004), tarafından Erzurum kent merkezindeki önemli kent parkları ve resmi kurum bahçeleri, yol ağaçları ve değişik semtlerdeki ev bahçelerinde kullanılan bitki materyali belirlenmiştir. Jim and Chan (2006), yaptıkları çalışmada kentsel çevre unsurlarının konut fiyatları üzerindeki etkilerini belirtmek amacıyla, 620 konutta yaptıkları araştırmada, yeşil alan ve su yüzeylerinin fiyatları %9-13 oranında artırdığını bulmuşlardır. Nowak vd. (2006), tarafından yapılan çalışmada Amerika Birleşik Devletleri'nde, saatlik meteorolojik ve kirlilik konsantrasyonu verilerini inceleyerek, bir modelleme çalışması yapmıştır, çalışmalarında, kirliliğe sebep olan (CO, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>) faktörlerin, ağaçlar tarafından engellenmesi çalışmasında 711,000 metrik ton ve 3,8 milyon \$ ekonomik katkı sağladığı belirtilmiştir. Pandit vd., (2013) Sokak ağaçlarının evler üzerindeki ekonomik etkisi, üzerine çalışma yaparak, sokak ağaçlarının evlere sağladığı ekonomik faydalarını belirlemeye çalışmışlardır ve yeşil alanların konut değerini artırdığını, satışını kolaylaştırdığını ve bitki türüne göre değerlerinde farklılıklar oluştuğunu tespit etmişlerdir. Bitkisel materyalin eksik olduğu kentler, estetik değerden yoksun yapı yığınlarına dönüşmektedirler. Kentlerin daha yaşanabilir ortamlara dönüşmesi için yeşil alan sistemlerinin doğru oluşturulması gereklidir. Çevrenin sağlıklı hale

kavuşturulması ve kentlerin daha iyi yaşanabilir mekanlara dönüştürülmesi sağlayan yeşil alan sistemleri oluşturulurken; bitkilerin rolü büyük olmakta yapısal anlamda kullanılan sert malzemeler ile doğal çevre arasında denge sağlayarak, onları doğa ile entegre edip insana yakın duruma getirmektedirler (Eroğlu vd., 2005). Kentlerde uygulama ilkelerine dikkat edilerek yapılan bitkisel gürültü perdeleri ile gürültünün 10 dB(A)'a kadar azalacağı bilimsel araştırmalarla saptanmıştır (Fang and Ling, 2003). Ağaçlar yoluyla havanın serinletilmesi, birçok kirlenici emisyonlarının ve/veya ozonu oluşturan kimyasalların sıcaklıkla bağlantılı olması nedeniyle hava kalitesinin artışı yönünde etkili olur. Hava sıcaklığının düşürülmesi aynı zamanda ozonun oluşumunu da azaltır (Nowak, 1999).

Ülkemizin Avrupa-Sibirya, Akdeniz ve İran-Turan flora bölgelerine dahil olması, Avrupa Kıtası'nın tümünde yayılış gösteren bitki türlerinin sayısına yakın çeşitliliğin oluşmasına neden olmaktadır. Ülkemizde; Avrupa-Sibirya bölgesi, Akdeniz bölgesi, İran-Turan bölgesi olmak üzere üç flora bölgesi bulunmaktadır. Erzincan İli'ni de bu bölgelerden İran-Turan flora bölgesi içinde kalmaktadır. Erzincan bölgesinde tespit edilmeyen bölgelerin tespiti devam ederken aynı zamanda mevcut türlerin güncelleme çalışmaları devam etmektedir. Kandemir vd. (2015), tarafından Erzincan (Türkiye)'a özgü endemik bitki taksonlarının IUCN tehdit kategorileri konulu çalışmalarıyla Erzincan'a özgü 49 taksona ait populasyon gözlemlerine yer verilerek, gözlem sonuçlarına göre



Türkiye Bitkileri Kırmızı Kitabı'nda yer alan 31 taksona ait IUCN kategorisi güncellenmesi yapılmıştır.

Erzincan ili genel olarak karasal iklim özelliğine sahiptir. Doğu Anadolu Bölgesinde yer alan, Elazığ ve Malatya dışındaki diğer tüm illerden daha ılıman bir iklimi vardır. Doğu Anadolu ve İç Anadolu iklimleri arasında bir geçiş niteliği taşıyan Erzincan iklimi Doğu Anadolu Bölgesi basınç kuşaklarına, ilin yüzey şekilleri ve yükseltilerine göre yer yer farklılıklar göstermektedir. Sıcaklık şartları itibariyle yıllık sıcaklık ortalaması 11,6°C, en soğuk ay olan Ocak ayı ortalaması -2,3°C, en sıcak ay olan Ağustos ayı ortalaması da 25,0°C, olduğu görülmektedir. Rasat kayıtlarında bugüne kadar karşılaşılan en yüksek sıcaklık değeri 13 Ağustos 2006'da 40,2°C ve en düşük sıcaklık değeri 28 Aralık 2002'de -25,0°C olmuştur. Kış mevsiminde ise, doğudan gelen Sibiryaya kaynaklı hava kütlelerinin tesirinde kaldığı zamanlarda, oldukça sert kış günleri yaşanmaktadır. -5°C'ye eşit veya daha düşük sıcaklığa sahip olunan gün sayısı 45,7 olarak (Kasım ile Nisan) yaşanmaktadır. Erzincan ilinin ortalama kar yağışlı gün sayısı 21,9 toplam karla örtülü gün sayısı 29,4'dür. Yağış itibariyle, yıllık 32.5 mm.'lik yağış ortalamasına sahiptir. Erzincan ili yıllık nem ortalaması (bağıl nem) %63,34'dür (Gündüz vd., 2011).

Araştırmanın amacı; depremler sonrası yeniden bir yapılanma ve şehircilik anlayışıyla olgunlaşmaya çalışan Erzincan Kent merkezinde bulunan açık yeşil

alanlarda yer alan, bitki türlerinin tespiti ile kentin yeşil alan bitki envanterinin çıkarılmasıdır. Çalışma ile bundan sonra yapılacak uygulamalar için daha bilinçli ve tekniğine uygun bitkisel kompozisyonlara ışık tutmak hedeflenmektedir. Aynı zamanda bitki materyaline yönelik bilimsel bir alt yapıyı ortaya konularak, kaynak değerini ortaya koyulacaktır.

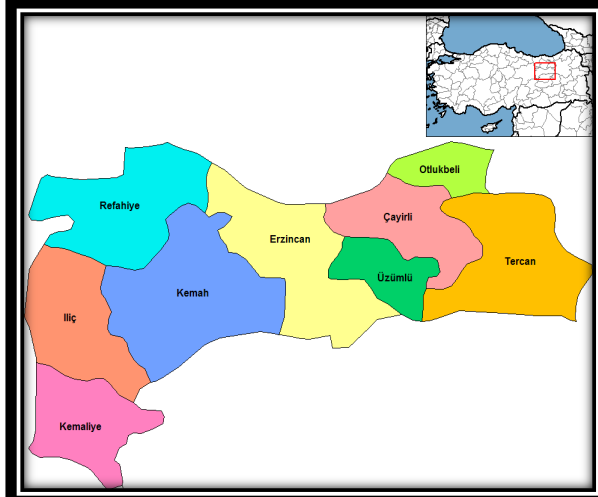
## 2. Materyal ve Metot:

Çalışmanın materyali Erzincan Kenti açık yeşil alanlarında bulunan doğal türlerin dışında yer alan oduncu, otsu ve sarılıcı bitkilerden oluşmaktadır. Erzincan, Doğu Anadolu Bölgesi'nin Yukarı Fırat Bölümü'nde 39 02'- 40 05' kuzey enlemleri ile 38 16'- 40 45' doğu boylamları arasında yer almaktadır. Çalışma alanı Şekil 2.1'de verilmiştir.

Araştırmanın yöntemi analiz, gözlem, sentez ve değerlendirmeden oluşmaktadır. Araştırma 2011-2014 yılları arasında, kent merkezinde farklı mevsimlerde daha önceden belirlenen açık yeşil alanlarda yürütülmüştür. Tür çeşitliliği fazla olarak tespit edilen alanlar örnek alanlar olarak belirlenmiştir. Analiz aşamasında farklı bölgelerin bitkisel çeşitliliklerine bakılmıştır, gözlem aşamasında bitkilerin mevsimsel geçişleri fotoğraflanmış, sentezde ise yapılaşma sürecindeki Erzincan kentinde yapılacak olan tüm peyzaj çalışmalarında bitkisel

tasarımlarda kullanılabilir türler belirlenmiştir.

Çalışmada açık-yeşil alanların sınıflandırılması Levend (2008)'e göre yapılmıştır.



**Şekil 2.1.** Çalışma alanı (Google Earth görüntüsü, 2014)

## 2.1. Açık ve yeşil alanların sınıflandırılması

### 2.1.1. Mülkiyetine Göre Sınıflama

#### a-Kamusal ve Kamulaşmış Özel Açık Alanlar

- Askeri tesislere ait açık-yeşil alanlar
- Sağlık tesislerine ait açık-yeşil alanlar
- Dini tesis alanlarına ait açık-yeşil alanlar

- Eğitim kurumlarına ait açık-yeşil alanlar
- Diğer kamu kurum ve kuruluşlarının açık-yeşil alanları incelenmiştir.

#### b- Özel açık alanlar

- Site bahçeleri
- Müstakil ev alanları, incelenerek kent merkezindeki bitki türleri belirlenecektir

#### c- Yarı özel açık alanlar

#### d- Yarı kamusal açık alanlar

### 2.2. Üstlendiği Rekreasyon İşlevine Göre Sınıflandırma:

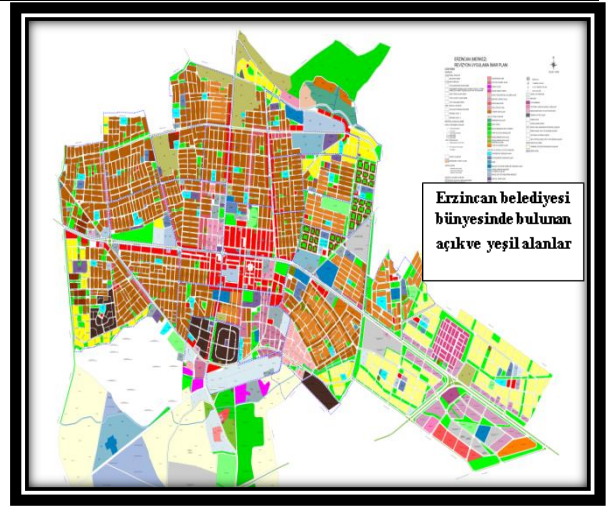
- Belediye'ye ait açık-yeşil alanlar
- Parklar
- Özel amaçlı park ve bahçeler
- Spor alanları
- Çocuk oyun alanları
- Kent içi diğer açık ve yeşil alanlar
- Doğal ve yan alanlar, koridorlar

### 2.3. Hakimiyetine Göre Sınıflandırma

- Kentsel açık alanlar
- Kentsel yeşil alanlar

Belirlenen alanlarda (parklar, çocuk oyun alanları, spor ve oyun alanları, meydanlar, resmi kuruluşlar ve okul bahçeleri, yaya bölgeleri, yollar, sağlık alanları, sokaklar ve refüjler, mezarlıklar) bitkilerin çiçeklenme zamanları, çiçek renkleri, yapraklanma zamanları, meyve oluşumları ve meyve özellikleri, sonbahar yaprak renk değişimleri, buldukları yükseklikler, bakırları, büyüklükleri, gövde ve dal özellikleri, yaprak ve dal sıklık durumları ve genel olarak hangi bitkilerle birlikte yayılış gösterdikleri gözlemlerle ve fotoğraflarla tespit edilmiştir. Araştırma alanların tespit edilen bitki türlerin oransal olarak ifade edebilmek için farklı bölgelerde bulunan İğne yapraklı, Geniş yapraklı,

Ağaçcık-Çalı ve Sarılıcı bitki türlerinin sayımları yapılmıştır, sonbahar döneminde bitkilerin yapmış olduğu sonbahar yaprak renklenmelerinin-kışın oluşturdukları etkilerinin mevcut yeşil alan dokusu saha çalışmaları yapılarak gözlemlenmiş ve fotoğraflanmıştır. Bitki türlerinin tespitinde alanında uzman kişilerin yardımları ve Güngör vd. (2002), Yücel (2005)'nin kaynaklarından faydalanılmıştır.



### 3. Sonuçlar ve Tartışma:

Kentsel alanlar hızla artmakta, kentleşme doğal ekosistemlere müdahale etmekte insan ile doğa arasındaki mesafeyi arttırmaktadır. Kent ekosisteminin önemli bir ögesi olan yeşil alanlar, kent insanına çevresel, estetik, ekonomik, rekreasyonel pek çok yarar sağlamaktadır. Kentsel yeşil alanların planlanması ve yönetimi sürdürülebilir kentsel gelişme için oldukça önemlidir (Li vd., 2005).

Erzincan Belediyesi, Türkiye'nin en yeşil kentini kurabilmek için koyduğu kişi başına 25 m<sup>2</sup> yeşil alan hedefine doğru hızla ilerlemektedir. Belediyenin kent merkezinde hedefi her mahalleye 3 yeni park projesi yapmaktır. Erzincan'da bulunan açık yeşil alanlar Şekil 3.1'de verilmiştir.

Şekil 3.1. Erzincan belediyesi bünyesindeki açık ve yeşil alanlar

Erzincan Kenti'nde Belediye'ye ait park alanları ve mahalleleri Çizelge 3.1'de verilmiştir. Erzincan kenti'nde bulunduğu yerler belirlenmiş ve kapladığı alanlar hesaplanmıştır.

Çizelge 3.1. Erzincan Kenti'nde belediyeye ait park alanları ve mahalleleri

Sıra no	Mahalle	Sokak	Alan(m <sup>2</sup> )
1	Aslanlı Mahallesi	219 Sokak Parkı	3600
2	Aslanlı Mahallesi	221 Sokak Parkı	6000
3	Aslanlı Mahallesi	222 Sokak Parkı ve Otopark	2500
4	Aslanlı Mahallesi	220 Sokak Parkı ve Otopark	1700
5	Akşemseddin Mahallesi	Ülkü Spor Kompleksi	55000
6	Akşemseddin Mahallesi	Yunus Emre Caddesi Yürüyüş yolu	9000
7	Akşemseddin Mahallesi	Terzi Baba Caddesi Yürüyüş yolu	6000
8	Akşemseddin	652 Sokak	3000

Erzincan Univ J Sci Tech 9(1), 2016, 57-74  
Askan ve Yılmaz

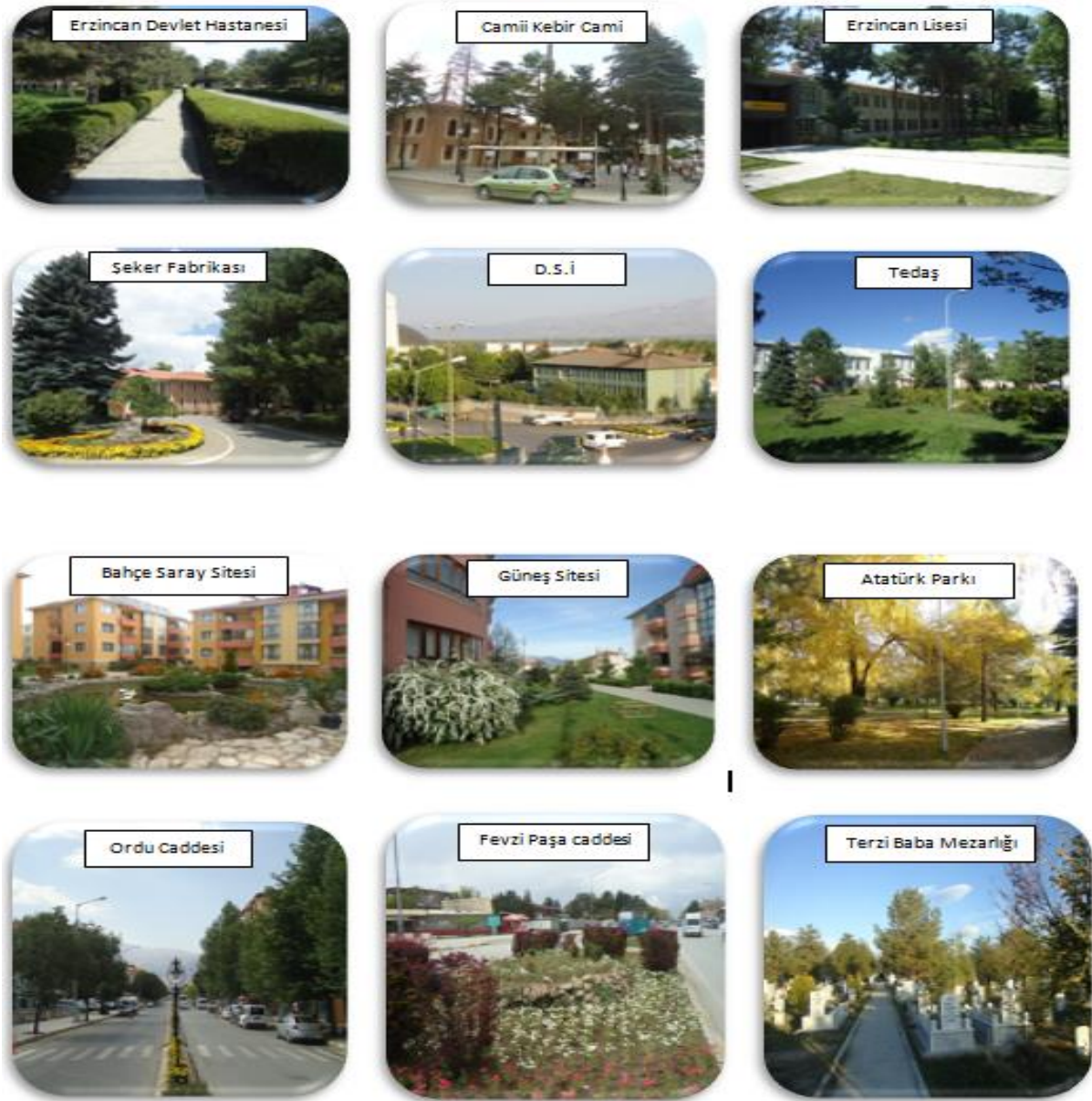
	Mahallesi	Parkı				Otoparkı	
9	Atatürk Mahallesi	Barış Manço Parkı	21000	36	Gülábibey Mahallesi	Üstün Evler Parkı	7000
10	Atatürk Mahallesi	Kırklar Caddesi Parkı	3000	37	Halit Pasa Mahallesi	Talip Kaban Caddesi Yürüyüş yolu	15000
11	Atatürk Mahallesi	Fevzi Paşa Caddesi Parkı	2000	38	Halit Pasa Mahallesi	Cadde 24	10400
12	Atatürk Mahallesi	Aşıklar Caddesi	7800	39	Halit Pasa Mahallesi	1270 Sokak parkı	2500
13	Bahçelievler Mahallesi	Atatürk Parkı	120000	40	Halit Pasa Mahallesi	1278 Sokak Parkı	1000
14	Bahçelievler Mahallesi	66 Sokak Parkı	2500	41	Halit Pasa Mahallesi	Emek Caddesi Parkı	1600
15	Başbağlar Mahallesi	1411 Sokak Parkı	3000	42	İnönü Mahallesi	İnönü Parkı	8000
16	Başbağlar Mahallesi	Kırklar Caddesi Parkı	1200	43	İnönü Mahallesi	44 Sokak Parkı	2500
17	Başbağlar Mahallesi	1402 Sokak Parkı	1100	44	İnönü Mahallesi	Mengüceli Caddesi Parkı	1500
18	Başbağlar Mahallesi	Esentepe Rekreasyon Alanı	250000	45	İnönü Mahallesi	Eski belediye	5500
19	Barboros Mahallesi	457 Sokak Parkı	2000	46	İzzet Paşa Mahallesi	810 Sokak Parkı	400
20	Cumhuriyet Mahallesi	419 Sokak Parkı	1500	47	İzzet Paşa Mahallesi	828 Sokak Parkı	390
21	Cumhuriyet Mahallesi	414 Sokak Parkı	3000	48	İzzet Paşa Mahallesi	850 Sokak Parkı	1800
22	Cumhuriyet Mahallesi	Kırklar Caddesi Parkı	2500	49	Kızılay Mahallesi	1023 Sokak Parkı	1750
23	Çarşı Mahallesi	13 Şubat Caddesi Parkı	2400	50	Kazım Karabekir Mahallesi	272 Sokak Parkı	300
24	Çarşı Mahallesi	970 Sokak Parkı	1500	51	Kazım Karabekir Mahallesi	259 Sokak Parkı	1540
25	Ergenekon Mahallesi	Sümbüle Hanım Parkı	7500	52	Karaağaç Mahallesi	784 Sokak Parkı	2500
26	Ergenekon Mahallesi	104 Sokak Parkı	2800	53	Karaağaç Mahallesi	Eski Terminal Önü	2500
27	Ergenekon Mahallesi	123 Sokak Parkı	4800	54	Mengüceli Mahallesi	Erzurum Yolu Parkı	4500
28	Ergenekon Mahallesi	111 Sokak Parkı	3200	55	Mengüceli Mahallesi	Yürüyüş Yolu	5300
29	Ergenekon Mahallesi	131 Sokak Parkı	1000	56	Mengüceli Mahallesi	1306 Sokak Parkı	4000
30	Ergenekon Mahallesi	109 Sokak Parkı	800	57	Mimarsinan Mahallesi	1225 Sokak Parkı	3400
31	Ergenekon Mahallesi	Sümbüle Hanım Koşu Yolu	6000	58	Mimarsinan Mahallesi	1176 Sokak Parkı	2500
32	Fatih Mahallesi	Engelli park	7000	59	Mimarsinan Mahallesi	1194 Sokak Parkı	1800
33	Fatih Mahallesi	710 Sokak Parkı	3600	60	Mimarsinan Mahallesi	1183 Sokak Parkı	3000
34	Fatih Mahallesi	Terzi Baba Caddesi Parkı	5000	61	Mimarsinan Mahallesi	1151 Sokak Parkı	2500
35	Fatih Mahallesi	Hacı Bektaş Caddesi	1200				

62	Mimarsinan Mahallesi	1202 Sokak Parkı	3500
63	Mimarsinan Mahallesi	1184 Sokak Parkı	2400
64	Mimarsinan Mahallesi	Ahmet Yesevi Caddesi Yürüyüş yolu	6000
65	Mimarsinan Mahallesi	1176 sokak Otopark	2400
66	Yeni Mahalle	310 Sokak Parkı	4500
67	Yunus Emre Mahallesi	567 Sokak Parkı	7000
68	Yunus Emre Mahallesi	582 Sokak Parkı	1900
69	Yunus Emre Mahallesi	Yunus Emre Caddesi Parkı	16000
70	Yavuz Selim Mahallesi	182 Sokak Parkı	2400
71	Yavuz Selim Mahallesi	186 Sokak Parkı	1900
72	Yavuz Selim Mahallesi	155 Sokak Parkı	1700
73	Yavuz Selim Mahallesi	179 Sokak Parkı	1100
74	Yavuz Selim Mahallesi	175 Sokak Parkı	672
75	Yavuz Selim Mahallesi	Adnan Menderes Caddesi Parkı	18000
76	Yavuz Selim Mahallesi	Adnan Menderes Koşu alanı	4000
<b>Toplam</b>			<b>720852</b>

İnönü Parkı, Ülkü Spor Kompleksi, Sümbüle Hanım Parkı ), 4 adet caddenin yol ağaçlandırılması(Halit Paşa Caddesi, Fevzi Paşa Caddesi, Ordu Caddesi, 13 Şubat Caddesi) ve orta refüj, mezarlık alanları(Terzi baba mezarlığı), 4 adet kamu kurum ve kuruluşların ait açık yeşil alan(D.S.İ, Eski Belediye Binası, Tedaş, 13 Bölge Müdürlüğü Orman İşletme), 5 adet site bahçesi(Aşağı Çarşı Toki konutları, Kamu Lojmanları, Güneş Sitesi, Bahçesaray Sitesi, Bulut Sitesi) ve 61 adet müstakil ev bahçesinde toplamda 23561 adet bitki sayımı yapılarak bu alanlardaki bitkilerin mevcut durumu ortaya koymak, sorunları ve eksiklikleri belirlemek ayrıca, değişimlerin gözlenebilmesi ve gelecekteki değişimlere de arşiv oluşturması amacı ile fotoğraflar çekilmiştir. Kamusal ve kamulaşmış özel açık alanlar (Erzincan Devlet Hastanesi, Camii Kebir, Erzincan Lisesi, Şeker Fabrikası, D.S.İ, Tedaş, Terzi Baba Mezarlığı), Özel açık alanlar (Bahçe Saray Sitesi, Güneş Sitesi) ve Üstlendiği Rekreasyon İşlevine Göre (Ordu cad., Fevzi Paşa cad., Atatürk Parkı) alanlarından bazılarının görüntüleri Şekil 3.2'de verilmiştir.

Araştırma 2011 ve 2014 yılları arasında, yaklaşık 11.746 km<sup>2</sup> yüz ölçümüne sahip, Erzincan Kenti açık – yeşil alanlarda bulunan farklı bölgelerde bulunan 2 Adet Sağlık tesisi alanı (Erzincan devlet hastanesi, Mengücek Gazi Eğitim ve Araştırma hastanesi), 6 adet Dini tesis alanı(Akşemseddin cami, Camii kebir cami, Hocabey cami, Mevlana cami, Kızılay cami, Terzibaba cami), 4 adet Eğitim kurumu (Erzincan lisesi, Ticaret lisesi, Kız meslek lisesi, Sanat okulu), 5 adet Belediye'ye ait park(Atatürk Parkı, Barış Manço Parkı,

Bu araştırmada Erzincan Kenti açık yeşil alanlar içerisinde bulunan bitkileri saptanarak yeniden yapılanma içerisinde olan Erzincan Kenti'ndeki yapılacak peyzaj çalışmalarında kullanılacak bitki türleri belirtilmiştir. Sağlık tesis alanlarında, tespit edilen bitki türlerinin; %87'si ağaçlardan, %13'ü ağaççık ve çalılardan, Dini tesis



**Şekil 3.2.** Araştırma Alanından Bazı Görünümler

alanlarında Yoğun bir şekilde *Thuja orientalis* L. ve *Pinus sylvestris* L. çok az miktarda da meyve ağaçları, Eğitim kurumlarında ise yoğun iğne yapraklı bitkiler kent merkezinde buldukları için araç seslerini tüm yıl boyunca absorbe ettiği saptanmıştır. Yeni yapılan site bahçelerinde dikilen bitkilerin %80'i bitkisel planlamaya uygun bir şekilde dikilip, dekoratif bitkiler ağırlıklı olarak kullanılmıştır. Site bahçelerinde

çeşitlilik en fazla kamu lojmanları ve Aşağı Çarşı TOKİ konutlarında en az ise Bahçesaray sitesinde bulunmaktadır. En fazla doğu mazısı (*Thuja orientalis* L.), en az ayva (*Cydonia oblonga* Mill.) bulunmaktadır. Müstakil evlerde bulunan meyve ağaçları konut dokusuna ekonomik estetik ve ekolojik yararlar sağlamaktadır. Özellikle meyve, çiçeklenme ve sonbahar yaprak renkleri ile kentsel merkezinde kırsal

peyzaj oluşturmaktadırlar. Yol ağaçlandırılmasında kullanılan bitkisel çeşitliliğin saptanabilmesi için toplam 1769 adet bitki sayılarak tür tespiti yapılmıştır. Ana caddeler en fazla %34'ü *Pinus sylvestris* L., %10'u *Platanus orientalis* L. en az ise *Populus alba* L. bulunmaktadır. Refüjlerde %90 *Rosa hybrida* L., *Robinia pseudoacacia* 'Umbraculifera az sayıda *Ulmus glabra* Huds var. *horizontalis* (G.Kirchn.) Dippel kullanılmıştır. Orta refüjlerde kullanılan güller, yaz boyu çiçek açarak yol peyzajına olumlu etki oluşturmaktadır. Mezarlık alanlarında 845 bitki sayılarak tür tespiti yapıldı. Mezarlıkta en fazla *Pinus sylvestris* L. %42 oranında bulunmaktadır.

Yürüme yollarına plansız dikilmiş olan çamlar insanların yürümesine olumsuz etki oluşturmaktadır. Ağaçların vatandaşların plansız bir şekilde dikimine devam edilmesi ilerde ziyaretlerin gerçekleşmemesine sebebiyet verecektir. Çalışma yapılacak alanlar seçilirken öncelikli olarak en az 5 yıl önce bitkisel tasarım yapılmış ve çeşitliliği fazla olan alanlar tercih edilmiştir.

Erzincan Kenti açık yeşil alanlarında farklı dönemlerde; yol ağaçlandırmaları, resmi kurum bahçeleri, sağlık alanları, toplu konut bahçeleri, müstakil ev, eğitim binaları, ibadet alanlarında tespit edilen geniş yapraklı, iğne yapraklı, ağaççık, çalılar ve sarılıcılar Çizelge 3.2'de verilmiştir.

**Çizelge 3.2.** Kent genelinde tespit edilen geniş yapraklı, iğne yapraklı, ağaççık, çalılar ve sarılıcı bitki türleri

Sıra no	Bitkinin Türü	Familyası	Türkçe İsmi
1	<i>Abelia × grandiflora</i> (Ravelli ex André) Rehder	Caprifoliaceae	Büyük çiçekli abelya
2	<i>Acer negundo</i> L.	Aceraceae	Akçağaç
3	<i>Acer platanoides</i> L.	Aceraceae	Akçağaç
4	<i>Aesculus hippocastanum</i> L.	Hippocastanaceae	Beyaz çiçekli at kestanesi
5	<i>Aesculus x carnea</i> L.	Hippocastanaceae	Kırmızı çiçekli at kestanesi
6	<i>Agave americana</i> L.	Agavaceae	Amerikan agavı
7	<i>Ailanthus altissima</i> (Mill.) Swingle.	Simaroubaceae	Kokar ağaç
8	<i>Parthenocissus quinquefolia</i> (L.) Planch	Vitaceae	Amerikan sarmaşığı
9	<i>Beddlea davidii</i> Franch.	Buddleiaceae	Kelebek çalı
10	<i>Berberis thunbergia</i> 'Atropurpurea'	Berberidaceae	Kırmızı yapraklı kadın tuzluğu
11	<i>Betula verrucosa</i> Ehrh.	Betulaceae	Huş
12	<i>Betula pendula</i> Ehrh.	Betulaceae	Huş
13	<i>Buxus sempervirens</i> L.	Buxaceae	Adi şimşir
14	<i>Campsis radicans</i> (L.) Seem..	Bignoniaceae	Acem borusu
15	<i>Cupressus × leylandii</i> A.B.Jacks. & Dallim..	Cupressaceae	Leylandi
16	<i>Corylus maxima</i> Mill.	Corylaceae	Fındık
17	<i>Catalpa bignonioides</i> Walt.	Bignoniaceae	Katalpa
18	<i>Cedrus libani</i> A.Rich.	Pinaceae	Toros sediri
19	<i>Cercis siliquastrum</i> L.	Fabaceae	Erguvan
20	<i>Cornus alba</i> L.	Cornaceae	Kızılçık
21	<i>Cotinus coggygria</i> Scop.	Anacardiaceae	Boyacı sumacı
22	<i>Cotoneaster horizontalis</i> Decne.	Rosaceae	Yatık kotenaster
23	<i>Crataegus orientalis</i>	Rosaceae	Alıç

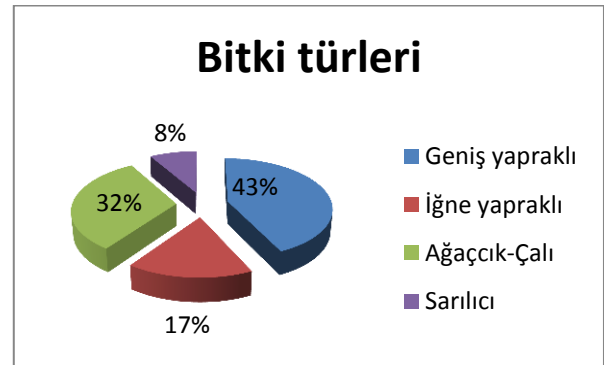
Erzincan Univ J Sci Tech 9(1), 2016, 57-74  
Askan ve Yılmaz

	M.Bieb.				Laxm.		
24	<i>Cydonia japonica</i> Mill.	Rosaceae	Japon ayvası	50	<i>Malus x purpurea 'Eleyi'</i> L.	Rosaceae	Süs elması
25	<i>Cydonia oblonga</i> Mill.	Rosaceae	Ayva	51	<i>Melia azedarach</i> L.	Meliaceae	Tesbih ağacı
26	<i>Deutzia scabra</i> Thunb.	Hydrangeaceae	Havlu püskülü	52	<i>Morus alba</i> L.	Moraceae	Dut
27	<i>Elaeagnus angustifolia</i> L.	Elaeagnaceae	İğde	53	<i>Morus alba 'pendula'</i> L.	Moraceae	Ters dut
28	<i>Evonymus japonica</i> L.	Celastraceae	Japon taflanı	54	<i>Palwonina tomentosa</i> Siebold & Zucc.	Scrophulariaceae	Pavlonya
29	<i>Forsythia x intermedia</i>	Oleaceae	Altın çamı	55	<i>Passiflora caerulea</i> L.	Passifloraceae	Çarkıfelek
30	<i>Fraxinus exelsior</i> L.	Oleaceae	Boylu diş budak	56	<i>Persica vulgaris</i> Mill.	Rosaceae	Şeftali
31	<i>Fraxinus exelsior 'pendula'</i> L.	Oleaceae	Sarkık dişbudak	57	<i>Philadelphus coronarius</i> L.	Saxifragaceae	Fil bahri
32	<i>Gleditsia triacanthos</i> L.	Leguminosae	Glediçya	58	<i>Picea glauca 'conica'</i> (Moench) Voss.	Pinaceae	Konik ladin
33	<i>Hedera helix</i> L.	Araliaceae	Adi orman sarmaşığı	59	<i>Picea orientalis</i> L.	Pinaceae	Doğu ladini
34	<i>Hibiscus syriacus</i> L.	Malvaceae	Ağaç hatmi	60	<i>Picea pungens</i> Engelm..	Pinaceae	Mavi ladin
35	<i>Hippophae rhamnoides</i> L.	Eleagnaceae	Yabani iğde	61	<i>Pinus halepensis</i> Mill.	Pinaceae	Halep çamı
36	<i>Hydrangea macrophylla</i> (Thunb.) Ser..	Hydrangeaceae	Büyük çiçekli ortanca	62	<i>Pinus pinea</i> L.	Pinaceae	Fıstık çamı
37	<i>Ipomoea</i> L.	Convolvulaceae	Sabah sefası	63	<i>Pinus sylvestris</i> L.	Pinaceae	Sarıçam
38	<i>Juglans regia</i> L.	Juglandaceae	Ceviz	64	<i>Platanus orientalis</i> L.	Platanaceae	Doğu çınarı
39	<i>Juniperus horizontalis</i> Moench.	Cupressaceae	Yaygın ardıç	65	<i>Prunus amygdalus</i> Batsch	Rosaceae	Badem
40	<i>Juniperus virginiana</i> L.	Cupressaceae	Kurşun kalem ardıcı	66	<i>Populus alba</i> L.	Salicaceae	Ak kavak
41	<i>Kerria japonica</i> L.	Rosaceae	Kanarya gülü	67	<i>Populus x canescens</i> L.	Salicaceae	Boz kavak
42	<i>Laburnum anagyroides</i> L.	Papilionaceae	Adi sarı salkım	68	<i>Prunus avium</i> L.	Rosaceae	Kiraz
43	<i>Juniperus sabina</i> L.	Cupressaceae	Sabin ardıcı	69	<i>Prunus cerasifera</i> Ehrh..	Rosaceae	Kırmızı yapraklı erik
44	<i>Koelreuteria paniculata</i>	Sapindaceae	Güvey kandili	70	<i>Prunus cerasus</i> L.	Rosaceae	Vişne
45	<i>Laburnum anagyroides</i>	Fabaceae	Sarı salkım	71	<i>Prunus domestica</i> L.	Rosaceae	Erik
46	<i>Ligustrum japonicum</i> L.	Oleaceae	Japon kurtbağrı	72	<i>Prunus mahaleb</i> L.	Rosaceae	Mahlep
47	<i>Lonicera periclymenum</i> L.	Caprifoliaceae	Hanımeli	73	<i>Pyracantha coccinea</i> M.Roem.	Rosaceae	Kırmızı meyveli ateş diken
48	<i>Mahonia aquifolium</i> (Pursh) Nutt.	Berberidaceae	Sarı boya çalısı	74	<i>Pyrus eleagnifolia</i> Pall.	Rosaceae	Yabani armut
49	<i>Malus communis</i>	Rosaceae	Elma	75	<i>Quercus aucheri</i> Jaub. & Spach	Fagaceae	Boz pırnal meşesi
				76	<i>Quercus rubra</i> Jaub. & Spach	Fagaceae	Meşe



77	<i>Pyrus eleagrifolia</i> Pall.	Rosaceae	Yabani armut	102	<i>Ulmus globra</i> Huds.	Ulmaceae	Dağ kara ağacı
78	<i>Ribes aureum</i> Pursh	Grossulariaceae	Frenk üzümü	103	<i>Viburnum opulus</i> L.	Caprifoliaceae	Adi kartopu
79	<i>Ricinus communis</i> L.	Euphorbiaceae	Hint yağı bitkisi	104	<i>Vitis vinifera</i> L.	Vitaceae	Asma
80	<i>Robinia hispida</i> L.	Leguminosae	Pembe çiçekli akasya	105	<i>Weigela florida</i> Bunge.	Caprifoliaceae	Vangelya
81	<i>Robinia pseudoacacia 'acacia'</i> L.	Leguminosae	Beyaz çiçekli akasya	106	<i>Wisteria sinensis</i> Sims.	Papilionaceae	Mor salkım
82	<i>Robibia pseudoacacia 'Umbraculifera'</i> L.	Leguminosae	Top akasya	107	<i>Yucca gloriosa</i> L.	Liliaceae	Avize
83	<i>Robinia pseudoacacia</i> L.	Leguminosae	Yalancı akasya				
84	<i>Rosa canina</i> L.	Rosaceae	Kuşburnu				
85	<i>Rosa hybrida</i> Vill.	Rosaceae	Gül				
86	<i>Rubus caesicus</i> L.	Rosaceae	Böğürtlen				
87	<i>Salix babylonica</i> L.	Salicaceae	Ak söğüt				
88	<i>Salix matsudana</i> Koidz.	Salicaceae	Helezoni söğüt				
89	<i>Sophora japonica</i> L.	Papilionaceae	Japon soforası				
90	<i>Sophora pendula</i> L.	Papilionaceae	Japon soforası				
91	<i>Spirea x wanhouttei</i>	Rosaceae	Keçi sakalı				
92	<i>Symphoricarpus albus</i> L.	Caprifoliaceae	Beyaz inci				
93	<i>Symphoricarpus vulgaris</i> L.	Caprifoliaceae	Kırmızı inci				
94	<i>Syringa vulgaris</i> L.	Oleaceae	Adi leylak				
95	<i>Syringa vulgaris</i> var. <i>alba</i> Weston	Oleaceae	Adi leylak				
96	<i>Tamarix gallica</i> L.	Tamaricaceae	İlgin				
97	<i>Thuja orientalis 'Pyramidalis aurea'</i> □ L.	Cupressaceae	Altuni mazi				
98	<i>Thuja orientalis 'Aurea nana'</i> L.	Cupressaceae	Top mazi				
99	<i>Thuja orientalis</i> L.	Cupressaceae	Doğu mazısı				
100	<i>Tilia grandiflora</i> Moench.	Tiliaceae	Büyük yapraklı ihlamur				
101	<i>Tilia tomentosa</i> Moench.	Tiliaceae	Gümüşi ihlamur				

Araştırma alanı 1200-1230m'ler arasında, düz ve düze yakın alanlardan oluşmaktadır. Araştırma sonucunda çalışma alanında peyzaj mimarlığı çalışmalarında kullanılabilir çok sayıda iğne yapraklı, geniş yapraklı ağaç, ağaççık-çalılar ve sarılıcı bitki türünün mevcut olduğu belirlenmiştir. Araştırma alanında yapılan çalışmalar sonucunda, 23 familyaya ait 46 geniş yapraklı ağaç türü, 3 familyaya ait 18 iğne yapraklı ağaç türü, 21 familyaya ait 34 ağaççık-çalı bitki türü, 7 familyaya ait 9 sarılıcı bitki türü olmak üzere toplam 107 adet bitki türü tespit edilmiş ve bitkilerin kullanım amaçları üzerinde durulmuştur. Bitki türlerinin dağılımı Şekil 3.3'da verilmiştir.



**Şekil 3.3.** Erzincan kent merkezinde tespit edilen doğal türlerin dışındaki bitkilerin dağılımı

Erzincan il sınırı Doğu Karadeniz, İç Anadolu Bölgesi ve Doğu Anadolu Bölgeleri arasında geçiş teşkil etmesi bakımından Erzincan mikroklimatik bir bölgeye sahiptir. Bundan dolayı bitkisel çeşitlilik diğer doğu bölgelerine göre daha zengindir. Erzincan'ın sınır bölgelerinde terör sebebiyle insan tahribine açılmamış alanlar bulunduğu için endemik bitki çeşitliliği fazladır. Erzincan'da birçok mikro iklim görülmesi, dağların uzanış yönleri ve oluşma şekillerinden dolayı farklı habitatlara sahip olması nedeniyle bitki çeşitliliği bakımından çok zengin bir bölgededir. Avrupa-Sibiryaya ve İran-Turan fitocoğrafi bölgelerinin ve Anadolu Çaprazı'nın (Anadolu Diyagonali) geçiş noktaları üzerinde bulunmaktadır (Özhatay, 2006). Erzincan'a sınır teşkil eden Munzur vadisinde 225 endemik bitki, 1500 adet bitki taksonu bulunduğunu belirtmiştir (Koyuncu ve Arslan, 2009). Erzincan, Türkiye'nin 13 endemik bitki merkezinden 2'sine ve 6 önemli bitki alanına sahip olup bitki zenginliği açısından Türkiye'nin en önemli alanlarının başında gelmektedir (Kandemir, 2012). Türkiye Florası'ndaki toplam 24 doğal Rosa türünden 15 türe ait 17 taksonun Erzincan ve çevresinde yetişmesi, alanın Rosa taksonları bakımından önemli bir çeşitlilik merkezi olduğunu göstermektedir. Keşiş ve Munzur dağları civarı cinsin alandaki en önemli çeşitlilik merkezidir (Korkmaz vd., 2013). Süs bitkileri sektörünü, bitkisel üretim içinde önemli bir yere sahip olan ve ekonomiye büyük katma değer sağlayan etkili bir sektör olarak kabul edilmektedir. Ülkemiz ve Erzincan çok çeşitli ekolojik bölgeye sahip olup, iklim ve toprak

özellikleri bakımından süs bitkileri yetiştiriciliğine son derece uygundur ve aynı zamanda bir çok süs bitkisinin gen kaynağıdır, yapılan bu çalışmalar süs bitkileri sektörüne olumlu katkı sağlayacaktır.

Yılmaz ve Irmak (2004), Atatürk Üniversitesi yerleşkesinde 1999-2003 yılları arasında yürütülen çalışmada, kampüs alanında kullanılan bitki materyalinin tespiti yapılarak, bu bitkilerin bazı dendrolojik özellikleri (boy, taç, form, doku, şekil, yaprak, çiçek ve meyve özellikleri, kullanım alanları, sayıları ve karakteristik özellikleri) ile bitkisel tasarım yönünden değerlendirilmeleri yapılmıştır.

Araştırma sonucunda, yerleşim alanında soğuk iklim bölgesi bitkilerini temsil eden 30'u ağaç ve ağaçcık, 16'sı çalı olmak üzere 46 bitki türünün işlevsel ve estetik amaçlar için kullanıldığı tespit edilmiştir. Bitki çeşitliliğini artırmaya yönelik önerilerde bulunulmuştur. Yılmaz ve Irmak (2004), Erzurum kent merkezindeki önemli kent parkları ve resmi kurum bahçeleri, yol ağaçları ve değişik semtlerdeki ev bahçelerinde kullanılan bitki materyali değerlendirilmiştir. Bu alanlardaki bitki sayımları yapılarak, bitkilerin türleri, kullanım alanları, kullanım amaçları, kullanım yoğunlukları ve bitkisel tasarım yönünden değerlendirilmeleri yapılmıştır. Kent açık-yeşil alanlarında, 36 ağaç ve ağaçcık (13 türü yaygın) ve 24'ü çalı (5 türü yaygın) olmak üzere toplam 60 bitki türü kullanıldığı belirlenmiştir. Araştırma sonucunda uygulamalara yönelik sorunlar

ortaya konulmuş ve çözüm önerileri getirilmiştir.

Tespit edilen Geniş yapraklı, İğne yapraklı, Ağaççık-çalılar ve Sarılıcı bitki türlerinden, 30 adet geniş yapraklı ağaç türünün kamu kurum ve kuruluşlarına ait açık ve yeşil alanlarda, 50 adet geniş yapraklı ağaç türünün özel mülkiyete ait açık ve yeşil alanlarda, 20 adet iğne yapraklı ağaç türünün kamu kurum ve kuruluşları ve özel mülkiyete ait açık ve yeşil alanlarda, 32 adet ağaççık ve çalı bitki türünün kamu kurum ve kuruluşları ve özel mülkiyete ait açık ve yeşil alanlarda kullanılabileceği sonucuna varılmıştır.

Kamu kurum ve kuruluşları; sağlık tesis alanlarındaki açık yeşil alanlar, eğitim kurumlarına ait açık ve yeşil alanlar, dini tesis alanlarına ait açık ve yeşil alanlar, belediyeye ait açık ve yeşil alanlar, diğer kamu kurum ve kuruluşları ait hizmet binalarının açık ve yeşil alanlarında kent iklimine dayanıklı, estetik ve görsel etkisine göre kullanılabilecek bitki türleri;

Geniş yapraklı ağaçlar; *Acer negundo* L., *Acer platanoides* L., *Aesculus hippocastanum* L., *Ailanthus altissima* (Miller) Swingle, *Betula verrucosa* Ehrh., *Betula pendula* Ehrh., *Catalpa bignonioides* Walt., *Crataegus orientalis* M.Bieb., *Elaeagnus angustifolia* L., *Fraxinus exelsior* L., *Fraxinus exelsior 'Pendula'*, *Gleditschia triacanthos* L., *Koelreuteria paniculata*, *Laburnum anagyroides*, *Malus x purpurea 'Eleyi'*, *Morus alba 'pendula'*, *Platanus orientalis* L., *Prunus cerasifera 'Atropurpurea'*, *Prunus mahaleb* L., *Quercus aucheri* Jaub. & Spach, *Quercus rubra* Jaub.

& Spach, *Robinia pseudoacacia* L., *Robinia pseudoacacia 'umbraculifera'*, *Salix babylonica* L., *Salix matsudana 'tortuosa'*, *Sophora japonica* L., *Sophora pendula* L., *Tilia tomentosa* Moench., *Tilia grandiflora* Moench., *Ulmus globra* Huds.

İğne yapraklı ağaçlar; *Cedrus libani* A.Rich., *Cedrus atlantica* A.Rich., *Cupressocyparis leylandii* A. B. Jacks. & Dallim., *Picea orientalis* L., *Picea pungens* 'Glauca', *Picea sp.*, *Pinus halepensis* Mill., *Pinus sp.*, *Pinus sylvestris* L., *Thuja orientalis* L., *Thuja orientalis 'Pyramidalis aurea'*, *Thuja orientalis 'Aurea nana'*,

Ağaççık-çalılar; *Berberis thunbergii 'Atropurpurea'*, *Beddlea davidii* Franch., *Buxus sempervirens* L., *Cornus alba*, *Cotinus coggygria* Scop., *Cotoneaster horizontalis* Decne., *Cydonia japonica* Mill., *Forsythia x Intermedia*, *Hibiscus syriacus* L., *Hydrangea macrophylla 'hortensia'*, *Juniperus horizontalis* Moench., *Juniperus sabina* Moench., *Kerria japonica* L., *Ligustrum japonicum* L., *Ligustrum japonicum 'Argentea variegatum'*, *Philadelphus coronarius* L., *Ribes aureum* Pursh, *Ricinus communis* L., *Rosa hybrida* L., *Spirea vanhouttei*, *Symphoricarpus albus* L., *Symphoricarpus vulgaris* L., *Syringa vulgaris* L., *Viburnum opulus* L., *Weigela Florida* Bunge., *Yucca gloriosa* L.

Sarılıcılar; *Ampelopsis veitchii*, *Campsis radicans* Seem. , *Hedera helix* L., *İpomea sp.*, *Lonicera periclymenum* L., *Passiflora caerulea* L., *Vitis vinifera* L., *Wisteria sinensis* Sims.

Yol kenarları, refüj ve trafik adalarında işlevlerine dikkat etmeden

bitkilerin kullanıldığı saptanmıştır. Uygulamada fonksiyonellik açısından en iyi örnek Halit Paşa Caddesi'nde kullanılan çınar ağaçlarıdır çünkü büyük taç yapısıyla betonlaşmayı perdelemiş ve aynı zamanda yayalar için geniş gölgelik alanlar oluşturmaktadır. Yol kenarı ağacı olarak kullanılabilir türler; *Acer negundo* L., *Acer platanoides* L., *Ailanthus altissima* (Miller) Swingle, *Betula verrucosa* Ehrh., *Catalpa bignonioides* Walt, *Fraxinus exelsior* L., *Koelreuteria paniculata*, *Laburnum anagyroides*, *Malus x purpurea* 'Eleyi', *Platanus orientalis* L., *Prunus cerasifera* 'Atropurpurea', *Robinia hispida*, *Robinia pseudoacacia* L., *Robinia pseudoacacia* 'umbraculifera', *Sophora japonica* L., *Tilia tomentosa* Moench., *Tilia grandiflora* Moench., *Ulmus globra* Huds. kullanılmalıdır. Yol ağaçlarından beklenen yararlar, trafik emniyeti sağlama, görsel değer oluşturma, kentli psikolojisini düzenleme, kent iklimi ve çevre kirliliği üzerinde olumlu katkılar sağlama olarak gruplandırılabilir (Söğüt, 2005).

Erzincan kent karakterini oluşturan ışınal yollar, tek katlı veya çok katlı olmayan konutlar ile kendine özgü konut-bahçe ilişkisi dolayısıyla yeşil bir doku oluşturmaktadır. Bu karakter korunarak geliştirilmelidir. Kentin kırsal ve tarımsal peyzaj karakterinin önemli olduğu kent merkezinde meyve ağaçlarının konut ekonomisine ve yaşam kültüründeki değeri korunmalıdır. Agro turizm ve tarımsal faaliyetlere ağırlık verilmelidir. Japonya'da yapılan bir araştırmada yol bitkilendirmelerinde ağaç altlarında

kullanılan çiçeklerin halk tarafından en çok tercih edilen düzenleme şekli olduğunu belirlenmiştir (Todorova vd., 2004).

Bir alanda yapılacak peyzaj düzenlemesinde, ağaçlar, çalılar, sarılıcı ve yer örtücü bitkilerin kendine özgü yetiştirme koşulu, gelişme özelliği, fonksiyonu, bıraktığı etki, hacim ve biçim özellikleri göz önüne alınmalıdır. Bu amaçla;

- Bitkinin yaprak rengi, sonbahar renklenmesi, çiçeklenme rengi, gövde rengi, doku, ölçü, biçim, gibi dendrolojik özelliklerine

- Bitkinin ısı, sıcaklık, nem gibi ekolojik isteklerine

- Yörenin doğal bitki örtüsü ve iklimine uygun olup olmadığına

- Planlamanın amacı ve kullanıcının istek ve ihtiyaçlarına

- Etkinlik alanlarında alanın işlevine ve sorunlu alanlarda hangi işleve hizmet edilmesi isteniyorsa o özellikleri taşımasına (sınırlandırma, yükseltme, mekan hissi verme, kontrast, harmoni oluşturma, örtme, engelleme, perdeleme, toprağı tutma, vb.) özelliklere bakılmalıdır.

Estetik, işlevsel, ekolojik ve ekonomik temel ilkeler dikkate alınarak hazırlanacak yeşil alanların envanteri ve ağaç yönetim planında, yeşil alanlarda kullanılan tüm bitkilerin durumlarının ortaya konmalı, geleceğe yönelik amaç ve programlar belirlenmeli, belirlenen amaca ulaşmak için teknik ve yönetsel açıdan stratejik kararlar ve ilkeleri belirleyecek kısa ve uzun vadeli çalışmalar yer almalıdır. Uzman kişiler tarafından 5 yıl içerisinde yapılan 76 yeni park düzenlemesi yapısal anlamda ihtiyaçları

karşılasa da bitkisel anlamda bu ihtiyacı karşılayamadığı saptanmıştır. Özellikle kaldırım çalışmalarında yapılan bitkisel yanlışlıklar insanların yürüyüşünü olumsuz yönde etkilemektedir. Erzincan açık yeşil alanlarında çok fazla dikkat edilmeyen bitkilerin fonksiyonel kullanımları bitkilendirme tasarımında birçok yanlışlıkları da beraberinde getirmiştir. Ayrıca mevsimsel açıdan bitkilerin farklı karakteristik özellikler göstermesi insanların son derece dikkatini çeken ve zamanın geçtiğini hatırlamakta onlara yardımcı olan olumlu bir özellik olmasına karşın Erzincan'daki açık yeşil alanlarının büyük bir çoğunluğu bu tarz bitkilere pek yer verilmemiştir.

Peyzaj mimarlığı çalışmalarının temelini doğal kaynaklar ve çevre oluşturmaktadır. Dolayısıyla kentsel ve kırsal alanlarda peyzaj mimarlığı çalışmalarında doğal bitki örtüsü materyalinden faydalanmak kaçınılmazdır. Özellikle son yıllarda büyük kentlerde yapılan bitkisel uygulamalarda yurt dışından getirilen bitkilerin ithali ve ekolojik nedenlerle uygulamadaki kayıplar sonucunda önemli ekonomik zararlar olduğu bilinmektedir (Yılmaz ve Yılmaz, 2009).

Doğal türler bize geçmişi hatırlattığı gibi görsel zenginlik, duyuşsal uyarım, zihinsel tedavi, idrak gibi ekolojik açıdan da birçok faydalar sağlamaktadır. Bunun dışında türler ayırma, birleştirme, sınırlandırma, vurgu, odaklama, görsel kontrol gibi pek çok fonksiyonel amaçla da kullanılmaktadır. İnsanlara kendini rahat ve güvende hissetme, fiziksel konfor ve sosyal

iletişim olanağı sağlama gibi faydaları vardır. Gerek bakımları gerekse kök tutma yetiştirme oranı doğal bitkilerde yüksek olduğu için tercih edilmelidir.

#### 4. Teşekkür

Bitkilerin teşhisinde yardımcı olan Atatürk Üniversitesi, Mimarlık ve Tasarım Fakültesi Dekanı Prof.Dr. Hasan YILMAZ'a ve Erzincan belediyesi Park ve Bahçeler eski müdüresi Peyzaj Mimarı Funda BİROL'a, Peyzaj Mimarı Esra SUDAŞ'a teşekkürlerimi sunuyorum.

#### 5. Kaynaklar

- Eroğlu E, Kesim G, Müderrisoğlu H. 2005. Düzce Kenti Açık ve Yeşil Alanlarındaki Bitkilerin Tespiti ve Bazı Bitkisel Tasarım İlkeleri Yönünden Değerlendirilmesi. Tarım Bilimleri Dergisi, 11(3), 270-277.
- Fang CF, Ling DL. 2003. Investigation of the noise reduction provided by tree belts. Landscape and Urban Planning, (63), 187-195.
- Girti P, Gültekin SY, Özdede S. 2010. Kentsel Ağaçlandırmaların Ekolojik Çevre Üzerine Etkileri. III. Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi, Düzce.
- Grahn P, Stigsdotter U. 2003. Landscape planning and stress. Urban For. Urban Green, 2.
- Gündüz F, Ünal F, Akdemir C, Morkavuk ZS. 2011. Erzincan İl Çevre Durum Raporu. Erzincan Valiliği Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü.
- Güngör İ, Atatoprak A, Özer F, Akdağ N, Kandemir N. 2002. Bitkilerin

- Dünyası, s. 20-90, Ankara, NTV Yayınları.
- Jim CY, Chen YW. 2006. Impacts of urban environmental elements on residential housing prices in Guangzhou (China). *Landscape and Urban Planning*, (78), 422-434.
- Kandemir A, Sevindi C, Korkmaz M, Çelikoğlu Ş. 2015. Erzincan (Türkiye)'a özgü endemik bitki taksonlarının IUCN tehdit kategorileri, *Bağbahçe Bilim Dergisi*, 2(1), 43-65.
- Kandemir, A 2012. Erzincan'ın Endemik Bitkileri ve Tehditleri, *Biyolojik Çeşitlilik sempozyumu*, Ankara, 108-109.
- Kelkit A. 2002. Çanakkale Kenti Açık-Yeşil Alanlarda Kullanılan Bitki Materyali Üzerinde Bir Araştırma. *Çevre Dergisi*, 10 (43), 17-21.
- Korkmaz M, Özçelik H, Kandemir A, İlhan V. 2013. Erzincan ve Çevresinde Yayılış Gösteren Doğal Gül (Rosa L.) Taksonlar. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 17(1), 49-59.
- Koyuncu M, Arslan N. 2009. Munzur Vadisi'nin Biyolojik Çeşitliliğin Korunması. *Ulaşım Yaşan Derneği*
- Leszczynski NA. 1999. *Planting the Landscape-A Professional Approach to Garden Design*. John Wiley&Sons. Inc., New York.
- Levend, T., 2008. İstanbul İli Bayrampaşa İlçesi Açık ve Yeşil Alanlarının Nitelik ve Nicelik Açısından İrdelenmesi. *Yüksek Lisans Tezi*, S.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı, Konya.
- Li F, Wang R, Paulussen J, Liu X. 2005. Comprehensive Concept Planning of Urban Greening Based on Ecological Principles:a Case Study in Beijing. *Urban Forestry & Urban Greening*, 72(2005), 325-336.
- Nowak DJ. 1999. *The Effects Of Urban Trees On Air Quality*. USDA Forest Service, Northeastern Research Station 5 Moon Library, SUNY-CESF, Syracuse.
- Nowak DJ, Crane DE, Stevens JC. 2006. Air Pollution Removal by Urban Trees and Shrubs in the United States. *Urban Forestry & Urban Greening*, (4), 115-123.
- Özhatay N 2006. Türkiye'nin BTC Boru Hattı Boyunca Önemli Bitki Alanları. *BTC Şirketi*, İstanbul, 125-127.
- Pandit R, Polyakov M, Tapsuwan S, Timothy M. 2013. The effect of street trees on property value in Perth, Western Australia. *Landscape and Urban Planning*, (110), 134-142.
- Sarıçam S, Yılmaz O, Erdoğan N, Erdem Ü. 2008. "Bitkiler, Yeşil Doku Ve Yaşamsal Etkileri", *Gökyüzüne En Yakın Bitkiler Alpin Çiçekler Projesi Flora Turizmi Eğitim Programı Bildiriler Kitabı*, Atatürk Üniversitesi, Erzurum.
- Söğüt Z. 2005. Kentiçi Yeşil Yollar ve Adana Örneği. *A.Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi*, 18(1), 113-124.
- Todorova A, Asakawa S, Aikow T. 2004. Preferences for and attitudes towards

- street flowers and trees in Sapporo, Japan. Landscape and Urban Planning, (69), 403-416.
- URL-1, 2013. 15.12.2013  
<http://kufarooq.blogspot.com/2013/03/new-york-central-park-in-pictures.html#.UnuKoZKGo6s>
- URL-2, 2013. 15.12.2013  
[http://en.wikipedia.org/wiki/Hyde\\_Park,\\_London](http://en.wikipedia.org/wiki/Hyde_Park,_London)
- Yang J, McBride J, Zhou J, Sun Z. 2005. The urban forest in beijing and its role in air pollution reduction. Urban Forestry & Urban Greening (3), 65-78
- Yılmaz H, Irmak MA. 2004a. Erzurum Kenti Açık-Yeşil Alanlarında Kullanılan Bitki Materyalinin Değerlendirilmesi. Ekoloji Dergisi, 13(52), 9-16.
- Yılmaz H, Irmak, MA. 2004b. Atatürk Üniversitesi merkez yerleşimi odunsu bitkileri. Atatürk Üniv. Zir. Fak. Derg., 35 (1-2), 89-96
- Yılmaz H, Yılmaz H. 2009. Karayolu Şevlerinde Doğal Olarak Yetişen Odunsu Bitkilerin Kullanım Alanlarının İrdelenmesi: Erzurum-Uzundere Örneği. Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, A(1), 101-111
- Yücel, E. 2005. *Ağaçlar ve Çalılar I*, s. 15-281, ETAM Matbaa Tesisleri, Eskişehir.

## İplik Sürtünme Özelliklerinin İncelemede Kaba Kümeler Yaklaşımı

Caner ERDEN<sup>1\*</sup>, Mahmadjon NAZAROV<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Sakarya Üniversitesi, Esentepe Kampüsü (Endüstri Mühendisliği, Sakarya Üniversitesi, Sakarya, Türkiye)

<sup>2</sup>İstanbul Üniversitesi, Avcılar Kampüsü (Endüstri Mühendisliği, İstanbul Üniversitesi, İstanbul, Türkiye)

(Geliş Tarihi/Received: 03.12.2015, Kabul Tarihi/Accepted: 01.02.2016)

### ÖZET

Bu çalışmada Kaba kümeler teorisi kullanılarak ipliklerin sürtünme özelliklerinin analiz edilmesi amaçlanmıştır. Çalışmada kullanılan 10 örnek veri seti gerçek verilerdir. Sürtünme özelliği olan  $\mu$  ipliğin 4 özelliği tarafından belirlenmiştir. Bu özellikler; iplik numarası, hammadde, büküm sayısı ve üretim teknolojisi özellikleridir. Bu karar sisteminde 4 özellik sınıfı ve 1 karar sınıfı bulunmaktadır. İpliklerin sürtünme özelliklerini analiz etmek için Kaba kümeler teorisi için ayarlanmış olan ROSE2 (Rough Sets Data Explorer) yazılımı kullanılmıştır. Bu çalışma sonucunda hammadde özellik sınıfının iplik sürtünme özellikler arasındaki en önemli özellik olduğu sonucuna varılmıştır.

**Anahtar kelimeler:** İplik, İplik Sürtünme Özellikleri, Kaba Kümeler Teorisi, ROSE2

## Rough Sets Approach in Analysis of Yarn Friction Properties

### ABSTRACT

This paper was intended to analyze the frictional properties of yarns using Rough sets theory. Ten examples are investigated in this paper. The data used in this study are real data. The frictional properties ( $\mu$ ) of yarn samples determined in respect of four features of yarn. These features are; yarn count, raw material, twist level and production technology. One decision variable and four attributes are used as information system. ROSE2 (Rough Sets Data Explorer) software implemented to the data set to analyze the frictional properties of yarns. As a conclusion, we concluded that raw material has the leading impact on frictional properties of yarn.

**Keywords:** Yarn, Friction Properties of Yarn, Rough Sets Theory, ROSE2

### 1. Giriş

Sürtünme kuvvetinin varlığı veya yokluğu tekstil teknolojisinde çok önemli rol oynamaktadır. Tekstil sanayisinde iplik üretiminin çeşitli aşamalarında, liflerin paralel hale getirilmesi ve liflerin bir düzen içinde hareket ettirilmeleri, lifler arasındaki sürtünme kuvvetleri sayesinde olmaktadır. Lifler arasındaki sürtünme; lif gruplarının çekim işlemi sırasındaki davranışını, kesikli

liflerden eğrilen ipliklerdeki lifler arası kohezyonu ve dolayısıyla iplik mukavemetini etkilemektedir. Ayrıca bu sürtünme, lif ve ipliklerin hareketi sırasında oluşan gerilmeleri, çeşitli tekstil makinelerindeki kılavuzların aşınmasını, kumaşlardaki yüzey düzgünlük olasılıklarını ve kumaşın tutumunu da etkilemektedir. Tekstil endüstrisinde kumaşın sürtünmeye karşı



dayanımı; kumaşın zamanla yıpranması nedeniyle kötü görünmesi ve giysilerin kullanma süresinin kısılması nedeniyle çok önemlidir. Bir tekstil kumaşında; liflerin ipliğe, ipliklerin de dokuma veya örme kumaşa dönüşmesi, lif-lif ve iplik-iplik sürtünme kuvvetleri sayesinde gerçekleşebilir. Bu nedenle lif veya iplikler arasındaki sürtünme hem iplik üretiminde hem de kumaş üretiminde kaliteyi etkileyen en önemli faktörlerden biridir. Kumaşların yumuşaklığı, pürüzlülüğü, boncuklanma oluşumu, aşınma ve giyim dayanımı gibi özellikleri sürtünme ile doğrudan ilişkilidir (Balcıl ve Sular, 2016). İplik üretiminde iplik genellikle metal, seramik ya da başka yüzeyler üzerinde taşınır ve bu çalışma yüzeyleri ile iplik arasında bir sürtünme meydana gelir. Literatürdeki çalışmalara bakıldığında genellikle sürtünmeden kasıt, sürtünmenin lifler arasında gerçekleştiği durumlardır (Morton ve Hearle, 1962; Varža, 1981; Denby ve Andrews, 1965) . Tekstil kumaşlarının hem kalitesini belirlemede hem de verimliliğini etkilemekte önemli bir role sahip olan iplik sürtünmesi; lif özellikleri, iplik özellikleri, işlem parametreleri ve bitim işlemleri olarak sınıflandırılabilir birçok faktörden etkilenmektedir. Bu nedenlerden dolayı iplik sürtünme özelliğinin araştırılması çok büyük bir öneme sahiptir (Svetnickienė ve Čiukas, 2006). Hong, 2000 yılında yaptığı çalışmada; iplik sürtünme özelliklerini etkileyen faktörleri 4 ana başlık altında toplamıştır. Bu sınıflandırmada, ana sınıflar; lif özellikleri, iplik yapısı ve hacimsel özellikler, işlem parametreleri ve bitim

işlemleri olarak tanımlanmıştır (Hong, 2000). Bu sınıfların dışında; iplik sürtünmesi, büküm açısı, sürtünmenin düzgünlüğü ve sıcaklığı, iplik bükümü, yüzey yağlılığı, hareket hızı, iplik pürüzlülüğü, havlılık ve elektrik özellikleri gibi faktörlerden etkilenmektedir (Matukonis, ve diğ., 1976; Morton ve Hearle, 1962; Wegener ve Shuler, 1964; Pažarauskas, 1992) .

Yapılan çalışmalar iplik sürtünme özelliğini etkileyen sadece bir faktör olmayacağını göstermiştir. İplik kalitesini gösteren en önemli faktörlerden biri olan iplik numarası, iplik hakkında bilgi edinmek için kullanılan birincil özelliklerden birisidir. Bu özellik ipliğin kalitesini doğrudan etkilemekte ve iplik sürtünmesinin oluşmasında da çok önemli bir role sahiptir (Gupta, 2008). Kalyanaraman, iplik numarasının sürtünme özelliği üzerindeki etkisini ortaya koymak için yaptığı çalışmada SITRA sürtünme ölçüm cihazı ile ölçüm yaparak ipliğin lineer yoğunluğunun artırılmasıyla sürtünme katsayısının arttığını gözlemlemiştir (Kalyanaraman, 1988).

Sürtünmeyi etkileyen bir diğer özellik ise hammadde özelliğidir. İpliğin hammaddesi pamuk, yün ya da viskoz vb. farklı liflerden oluşabilir. Bu liflerin iplik sürtünmesine yaptığı etkiyi göstermesi açısından birçok çalışma yapılmıştır. Bu çalışmalardan birisine sahip olan Ajayi ve Elder 1994 yılında yaptıkları çalışmada en yüksek sürtünme katsayısına sahip hammadde türünün yün, en düşük olanın ise akrilik lifi olduğunu göstermişlerdir. Bu çalışma için 4 farklı hammaddeden üretilmiş

iplik türü kullanılmıştır. Bunlardan; doğal olanları pamuk ve yün, rejenere olanı viskoz ve sentetik olanı akrilik lifidir. (Ajayi ve Elder, 1994). Hammadde özellikleri için yapılan birçok çalışma bulunmaktadır (Rankumar, ve diğ., 2003; Svetnickienė ve Čiukas, 2006; Schick, 1973). Gupta ve El Mogazhy liflerin moleküler oryantasyonunun akrilik ipliğine etkisini araştırmışlar. Yapılan araştırmada; lifler arası sürtünme ve moleküllerin oryantasyonunun, çekim oranının artmasıyla yükseldiği görülmüştür. Gupta ve El Mogazhy yaptıkları araştırmada, lifler arası sürtünme ve moleküler oryantasyon arasında önemli bir ilişki olduğunu bulmuşlar (Gupta, 2008).

Üçüncü özellik ise büküm sayısı olarak belirlenmiştir. Chattopadhyay ve Banerjee, 1996 yılında yaptıkları çalışmada; pamuk, rayon ve polyester ring ve rotor ipliklerinde bükümün artırılmasıyla sürtünmenin düştüğünü bulmuşlardır. Yapılan çalışmada; yüksek büküm miktarının sıkıştırabilirliği düşürdüğü, sıkıştırabilirlik düştüğü için temas yüzeyinin de azaldığı temas yüzeyinin azalmasının ise sürtünme kuvvetini düşürdüğü tespitinde bulunmuşlardır. (Chattopadhyay ve S., 1996). Ghosh ve arkadaşlarının yaptığı diğer bir çalışmada; eğirme teknolojileri açısından, iplik yüzeyi geniş olan iplik-iplik sürtünmesini yüksek, iplik-metal sürtünmesinin düşük olacağı belirtilmiştir. (Ghosh, vd., 2008). Nishimatsu ve Savaki havlı (pile) kumaşların sürtünme özelliklerini, yapısındaki hav çözgü ipliklerinin büküm miktarındaki değişime

bağlı olarak incelemiştir. Yapılan çalışmada hav çözgü ipliklerinin büküm miktarının azalmasıyla kumaşın sürtünme dayanımının arttığı gözlemlenmiştir. Sürtünmenin tekstil endüstrisinde ne kadar önemli olduğu ortadadır. Sürtünmenin düzensizliği nedeniyle ortaya çıkan problemlere çözüm bulmak adına yapılacak çalışmalardan öncelikle sürtünmeyi etkileyen faktörleri listelemesi beklenir. Bu çalışmada sürtünmeye etki eden faktörler veri madenciliği metoduyla incelenecektir.

Bilgisayar ve bilişim teknolojisinin gelişmesiyle birlikte bilgiye ulaşma yolları hem artmış hem de kolaylaşmıştır. Hayatın her alanında toplanan veriler yıllar içerisinde hızla artmaktadır. Bu verilerin toplanması ile birlikte toplandıktan sonra nasıl işleneceği ve nasıl depolanacağı da önemli bir sorun olarak karşımızda durmaktadır. Verilerin yorumlanıp gerekli bilgilerin açığa çıkarılması, birçok açıdan şirketlere ya da kurumlara önemli kazanımlar ve rekabet üstünlükleri sağlayacaktır. Veri madenciliğindeki temel amaç; veriler arasındaki ilişkilerin veya bağlantıların ortaya çıkarılması ve verilerden çıkarılabilecek anlamlı bilgilerin analiz edilmesidir. Aynı zamanda veri madenciliği ile geleceğe dair tahmin ve planlar yapılırken çeşitli fikirler bilgisayar programları yardımıyla elde edilebilir.

Bilgisayar yardımıyla üretilen veriler işlenmeden ya da analiz edilmeden bir değer ifade etmezler. Ancak verilerin bilgilere dönüştürülmesiyle elde edilen veriler kullanıcılar açısından önem arz etmektedir

(Kalikov, 2006). Verilerin işlenmiş haline bilgi denir. İşlenmemiş verilerden yola çıkarak gelecek tahmininde bulunulması mümkün değildir. Verilerden bilgi keşfinin gerçekleştirilmesi ve ileriye dönük tahminlerde bulunulması yöneticilere karar destek sağlayacaktır. Böylece ileride ortaya çıkabilecek olumsuz bir durumun önlenmesi gerçekleştirilebilecektir (İnan, 2003). Büyük miktarda veri içeren veri kümelerinden bilgi keşfedilmesi işlemi oldukça önemlidir (Kalikov, 2006). Veri madenciliği uygulamaları ile büyük miktarda veri içeren veri setlerinden bilgi keşfetme süreçleri olarak tanımlanabilir (Thuarisingham, 2003).

Büyük miktardaki veri madenlerinden bilgi keşfetme çalışmalarında karşılaşılan önemli sorunlardan birisi veri içerisindeki eksik ya da hatalı bilgiler içeren verilerin varlığıdır. Bu hatalı verilerin işlenebilir hale getirilmesi için günümüze kadar çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Bu konunun çözümü ve hatalı, eksik ya da kesin olmayan verilerin analizi için 1982'de Pawlak tarafından geliştirilen "kaba kümeler" ve 1965 yılında Zadeh tarafından geliştirilen "bulanık kümeler" kullanılabilir (Zadeh, 1965; Pawlak, 1982). Bulanık kümeler, özellikle kimya alanında başarılı uygulamaları ile kullanım kazanmıştır. Bulanık ve kaba kümeler teorisinin ortak noktası, ilgilenilen veri kümesini ayırt edilemezlik ve muğlaklık noktasında incelemeleridir.

Z. Pawlak'ın yaptığı tanımda kaba küme teorisini kısaca "kaba küme teorisini

belirsizlik ve muğlaklığın varlığında yeni bir karar verme yaklaşımıdır" diye tanımlamıştır. Z. Pawlak tarafından 1982 yılında geliştirilen kaba kümeler teorisi evrendeki her nesnenin bazı bilgiler (veriler, tecrübeler) ile birbirleriyle eşleştirilebileceği felsefesi üzerine kurulmuştur (Pawlak, 1997). Bu yaklaşım, yapay zekâ tekniklerinde karşılaşılan belirsiz veya şüpheli bilgilerle uğraşmakta kullanılmak üzere geliştirilmiş ve bilgi keşfinde karşılaşılan birçok problemin çözülmesine temel sağlamıştır (Yin, ve diğ., 2001). Kaba küme teorisi aynı zamanda uzaktan algılama (Pan, ve diğ., 2010), coğrafik bilgi bilimi (Leung, 2007), tıp (Thangavel, 2005), yapay zekâ (Tay ve Shen, 2003) ve duyarlılık haritalama (Aldridge, 1999) gibi birçok bilim disiplininde kullanılmıştır (Ling Peng vd., 2014).

Bu makale çalışmasında kaba kümeler teorisinin bir uygulaması geliştirilerek kaba kümeler teorisinin uygulama alanı genişletilmiştir. Kaba kümeler teorisi tekstil sektöründe uygulanarak muğlak verilerden avantajlı bilgiler elde edilmiştir. Çalışmada bahsedilen sürtünme, iki cismin birbirleriyle temas halindeyken birbirlerinin bağıl hareketine karşı gösterilen dirençtir. Sürtünme katsayısı ise iki obje arasındaki (iplik-iplik, iplik-metal, iplik-seramik vb.) sürtünme kuvvetinin iki objeyi birbirine bastıran kuvvete oranı olarak da belirtilebilir. Bu çalışmada sürtünmeden kaynaklanacak problemleri çözmek için ipliklerin sürtünme özelliklerine en çok etki eden iplik

parametreleri araştırılmıştır. Yapılan çalışmada ROSE 2 yazılımı kullanılmıştır.

## 2. Materyal e Yöntem

Çalışmada sekiz farklı tipte iplik kullanılmıştır. Seçilen ipliklerden her birinde beşer bobin test edilmiştir. Sürtünme deneylerine geçmeden önce ipliklerin yapısal özellikleri test edilmiştir. İplik numarası için sekiz bobinden birer adet ölçüm yapılarak iplik numaraları tespit edilmiştir. İplik numara ölçümlerinde iplik çıkışı ve hassas

terazi kullanılmıştır. Büküm ölçümleri için, her bobinden beşer adet ölçüm yapılarak ipliklerin bükümü hakkında bilgi edinmiştir. Büküm ölçümlerinde “Elle Çalışan Büküm Makinesi - Hand Driven Twist Tester” kullanılmıştır. Sürtünme ölçümlerinde Lawson Hamphil CTT iplik sürtünmesi testi cihazı kullanılarak lif-lif sürtünmesi ölçülmüştür. Deneyler 100 m/dk test hızıyla yapılmıştır. Üç farklı bağıl nem ortamında, iki farklı sürtünme yüzeyi kullanılarak ölçümler yapılmıştır.

**Tablo 1.** Bilgi sistemi

	A1	A2	A3	A4
	<i>Ort. Büküm (T/inch)</i>	<i>Üretim Teknolojisi</i>	<i>Hammadde</i>	<i>İplik No (Ne)</i>
<b>X1</b>	22	Ring-Karde	Pamuk	20
<b>X2</b>	21	Ring-Penye	Pamuk	30
<b>X3</b>	20	OE-Karde	Pamuk	30
<b>X4</b>	22	Ring	Pamuk/PES	30
<b>X5</b>	22	Ring	Viskon	40
<b>X6</b>	21	Ring	Lyocell	30
<b>X7</b>	20	Ring	Lyocell	40
<b>X8</b>	20	OE-Karde	Pamuk/PES	30
<b>X9</b>	22	Ring-Karde	Pamuk	20
<b>X10</b>	21	Ring-Penye	Pamuk	30

Ring, rotor ve friksiyon bükümlü ipliklerden dokunmuş kumaşların sürtünme özellikleri ve ring ipliklerden dokunmuş dimi kumaşların sürtünme özellikleri kumaş Kawabata Değerlendirme sistemi (KES\_F: Kawabata's Evaluating Systemfor Fabrics) ile ölçülmüştür. Elde edilen MIU değerleri (kumaş ve çelik ağ arası sürtünme katsayısı); dokunmuş düz bez ayağı kumaşlarda en

düşük olup, ardından ring kumaş, rotor kumaş ve ring dimi kumaş gelmektedir.

Bu çalışmada ipliklerin sürtünme özelliklerini etkileyen dört parametre ele alınmıştır. Bu özellikler; iplik numarası, üretim teknolojisi, ham madde ve iplik bükümüdür. On farklı örnek incelenmiş ve incelenme sonuçları Tablo 1'de verilmiştir (Nazarov ve Kamalov, 2010).

## 2.1.Kaba Kümeler Teorisi

### 2.1.1. Bilgi Sistemi

Kaba kümeler teorisinde bilgi sistemi, evrensel küme (U), ve özellikler kümesi (A) olmak üzere 2 özellik kümesinden meydana gelir. Bu 2 özellikten oluşan kümeye bilgi sistemi adı verilir ve bu sistem Denklem 1'deki eşitliğe sahiptir. Bütün A özellikler bilgi sisteminde bir fonksiyon olarak tanımlanır (Walczak ve Massart, 1999) (Pawlak, 1998).

$$\begin{aligned} IS &= (U, A) \\ U &= \{x_1, x_2, x_3, \dots, x_n\} \end{aligned} \quad (1)$$

Bilgi sistemine ait özelliklere karar sınıfının sisteme eklenmesi ile karar sistemleri oluşturulur. Bir karar sistemi  $A = (U, A \cup \{d\})$ ,  $d \notin A$  şeklinde gösterilir. Bu yeni sistemde A özelliğinin elemanları koşul özellikleri ya da kısaca koşullar olarak adlandırılırlar (Komorowski, vd., 1998).

### 2.1.2. Ayırt Edilemezlik İlişkisi

Kaba kümeleme teorisinin temel noktalarından birisi ayırt edilemezlik ilişkisidir. Bu ilişki bazı nesnelere birbirinden ayırt edemediğimiz gerçeğine dayanır (Pawlak, 1982; Pawlak, 1997).

Bir karar tablosu bazen gereksiz genişlikte olabilir. Bu genişlikler bazı ayrılmazlık ilişkisi olan verilerin ya veri diğer bir değişle birbirinin aynısı olan verilerin tekrarı nedeniyle ortaya çıkar ya da bu tablo içerisinde gereksiz verilerden dolayı olabilir.

Bu durumda kullanılacak eşitlik notasyonları aşağıdaki gibidir.

$A = (U, A)$  olmak üzere her bir özellik seti için; B A için ayrılmazlık ilişkisi  $IND_A(B)$  olarak gösterilir. Burada Ind (Indiscernibility Relation) yani ayırt edilemezlik ilişkisini verir.

A özellikler setindeki B alt özellikler seti için  $B(x_i) = B(x_j)$  ise " $x_i$  ve  $x_j$  nesnelere "ayırt edilemezdir" denir.

Nesnenin en küçük ayrılabilir gruplarını temsil ettiği için  $Ind(B)$ , B özellikler kümesindeki temel set olarak adlandırılır. Temel setlerin elde edilmesi kaba küme teorisi kullanılarak yapılacak sınıflandırma işleminin ilk adımını oluşturur.

### 2.1.3. Alt ve Üst Yaklaşım Kümeleri

$A = (U, A)$  bir bilgi sistemi olsun ve  $B \subseteq A$ ,  $X \subseteq U$  olsun. Bu durumda X kümesine üst yaklaşım ve alt yaklaşım kümeleri olmak üzere iki karşıt küme ile tanımlama yapabiliriz. Kaba Küme ile veri analizleri "alt yaklaşım" (lower approximation) ve "üst yaklaşım" (upper approximation) olmak üzere iki temel kavrama dayanır (Walczak ve Massart, 1999).

X setlerine ait alt yaklaşım kümesi X kümesinde kesinlik ihtiva eden tüm alt setlerin birleşimi olarak tanımlanır ve  $\underline{Bx}$  olarak gösterilir. Alt yaklaşım kümesindeki setler kesin olarak bir kümeye aittir. Bir alt kümenin alt yaklaşım kümesine ait olması eşitliği aşağıdaki şekilde ifade edilebilir.

$$\underline{Bx} = \{x_i \in U \mid [x_i]Ind(B) \subseteq x\} \quad (2)$$

Üst yaklaşım kümesinin elemanları ise  $X$  kümesindeki muhtemel üyelik olasılığı olan elemanlardan oluşmaktadır. Üst yaklaşım kümesi  $\overline{Bx}$  şeklinde gösterilir ve aşağıdaki denklemdeki gibi ifade edilebilir.

$$\overline{Bx} = \{ xi \in U \mid [xi]Ind(B) \cap x \neq \emptyset \} \quad (3)$$

$X$  kümesinin sınır elemanlarından oluşan küme ise sınır kümesidir. Sınır kümesi,  $BN(x) = \overline{Bx} - \underline{Bx}$  şeklinde gösterilir.

Yaklaşım kümelerin özelliklerini şu şekilde gösterebiliriz.

$$\underline{Bx} \subseteq X \subseteq \overline{Bx} \quad (4)$$

$$\underline{Bx}(\emptyset) = \overline{Bx}(\emptyset) = \overline{Bx}(U) = U \quad (5)$$

$$\overline{Bx}(X \cup Y) = \overline{Bx}(X) \cup \overline{Bx}(Y) \quad (6)$$

$$\underline{Bx}(X \cap Y) = \underline{Bx}(X) \cap \underline{Bx}(Y) \quad (7)$$

$$X \subseteq Y \rightarrow \underline{Bx}(X) \subseteq \underline{Bx}(Y) \text{ ve } \overline{Bx}(X) \subseteq \overline{Bx}(Y) \quad (8)$$

$$\underline{Bx}(X \cup Y) \supseteq \underline{Bx}(X) \cup \underline{Bx}(Y) \quad (9)$$

$$\overline{Bx}(X \cap Y) \subseteq \overline{Bx}(X) \cap \overline{Bx}(Y) \quad (10)$$

#### 2.1.4. Yaklaşımın Doğruluğu

$X$  kümesinin doğruluk ölçüsü aşağıdaki formül ile ifade edilir. Yani muğlaklık (vaguness) ve kabalık (roughness) sayısal olarak ifade edilebilir.

$$\alpha(x) = \frac{\text{card}(\underline{Bx})}{\text{card}(\overline{Bx})}$$

$\text{card}(\underline{Bx})$ : Alt yaklaşım kümesi eleman sayısı

$\text{card}(\overline{Bx})$ : Üst yaklaşım kümesi eleman sayısı

$$0 < \alpha(B(x)) \leq 1$$

$$\alpha(B(x))=1 \rightarrow \text{Kesin (Crisp) Küme}$$

$$\alpha(B(x))<1 \rightarrow \text{Kaba Küme}$$

#### 2.1.5. Özelliklerin Bağımsızlığı

Özellikler kümesinin bağımlı olup olmadığını kontrol etmek için her bir özelliğin bilgi tablosundan sırayla silinmesi ile elde edilen temel setlerin sayısının artması ya da azalmasına bakılır.

$$Ind(\alpha) = Ind(\alpha - \alpha_j) \Rightarrow a^j \text{ gereksizdir.}$$

$$Ind(\alpha) \neq Ind(a - a_j) \Rightarrow a^j \text{ önemlidir, ihmal edilemez.}$$

Gereksiz olan  $\alpha$  özellikleri “D- Superflunus” olarak da adlandırılabilir.

#### 2.1.6. ROSE2 Yazılımı

ROSE2, kaba küme teorisinin temel unsurlarının uygulanma ve kurallar bulmak için geliştirilmiş bir yazılımdır. Bu yazılım, Polonya’da, Poznan Teknik Üniversitesinde yazılmıştır. Bu yazılımda tüm hesaplamalar Pawlak tarafından geliştirilen Kaba Küme temellerine dayanmaktadır. ROSE2 yazılımının bazı özellikleri aşağıdaki gibidir (B.Predki, vd., 1998):

- Veri doğrulama
- Veri Ön işleme
- Özelliklerin ayrıştırılması
- Karar kuralları bulma
- Core ve Reduct kümelerini bulma
- Standart bir kaba küme temelli uygulamaları çalıştırma (Institute of Computing Science, 2014).

### 3. Bulgular ve Tartışma

Kaba kümeler teorisinde bilgi sistemlerinden karar sistemlerini oluşturmak için koşul ve karar özelliklerinden oluşan yeni bir sistem oluşturulur. Bu sistem oluşturulurken kullanılacak olan ROSE2 yazılımının kullanımının kolaylaştırılması açısından veriler sayısallaştırılmış ve Kaba kümeler teorisi veri setlerine uygun halde Tablo 2'deki şekilde gösterilmiştir. Tablo 2'de 4 adet koşul özelliği ve 1 adet karar özelliği bulunmaktadır. Karar sınıfında yer alan "Yüksek/Orta/Düşük" seviyeleri iplik sınıfının sürtünme katsayısının seviyelerini göstermektedir. A<sub>1</sub> özelliğindeki "Ortalama Büküm" değerleri sayısal veriler olduğu için aynı bırakılmış, A<sub>2</sub>, A<sub>3</sub> ve A<sub>4</sub> özellikleri ise sayısal değerler alacak şekilde güncellenmiştir. Bu güncellemede A<sub>2</sub> sınıfı için 1 değeri Ring-Karde, 2 değeri Ring-Penye, 3 değeri OE-Karde, 4 değeri Ring sınıflarını belirtmektedir. A<sub>3</sub> sınıfında ise, 1 değeri Pamuk, 2 değeri Pamuk/PES, 3 değeri Viskon, 4 Değeri Lyocell hammadde sınıflarını belirtmektedir. A<sub>4</sub> özellik kümesindeki sayısal değerler aynı şekilde bırakılmıştır. Oluşturulan yeni tablodan (Tablo 2) yola çıkılarak Kaba kümeler teorisi uygulaması gerçekleştirilecektir.

Bilgi tablosunu ROSE 2 yazılımında çözdüğümüzde aşağıdaki gibi iki tane küme ve üç sınıf elde edilmiştir, bu bilgiler Tablo 3'te verilmiştir. Sınıf sütunundaki O, D ve Y değerleri karar sınıfındaki Orta, Düşük ve Yüksek sınıflarını belirtmektedir. ROSE2 yazılımından elde edilen sonuç ile yapmış olduğumuz sınıflandırmanın kalitesi 0,6 değeri çıkmıştır.

**Tablo 2.** Karar sistemi

	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>4</sub>	D
<b>X<sub>1</sub></b>	22	1	1	20	Yüksek
<b>X<sub>2</sub></b>	21	2	1	30	Orta
<b>X<sub>3</sub></b>	20	3	1	30	Düşük
<b>X<sub>4</sub></b>	22	4	2	30	Yüksek
<b>X<sub>5</sub></b>	22	4	3	40	Yüksek
<b>X<sub>6</sub></b>	21	4	4	30	Düşük
<b>X<sub>7</sub></b>	20	4	4	40	Düşük
<b>X<sub>8</sub></b>	20	3	2	30	Yüksek
<b>X<sub>9</sub></b>	22	1	1	20	Orta
<b>X<sub>10</sub></b>	21	2	1	30	Yüksek

#### 3.1 Sınıflara Ayırma

Bu değer sınıflandırmanın geçerli sayılabilmesi için yeterli olup aynı zamanda çalışmanın devam edebileceği hakkında bilgi vermektedir.

**Tablo 3.** Sınıflandırma ve kümeler

Sınıf	Nesne Sayısı	Üst Yaklaşım	Alt Yaklaşım	Doğruluk
<b>O</b>	2	0	4	0
<b>D</b>	3	3	3	1
<b>Y</b>	5	3	7	0,42
<b>Sınıflama Kalitesi</b>	0,6			

#### 3.2. Core ve Reductların bulunması

ROSE 2 yazılımını kullanarak bilgi tablosundan elde ettiğimiz Core ve Reduct'lar Tablo 4'teki gibidir. Çalışmada 2 adet reduct bulunmuştur. Bu reductlarda ortak olarak geçen A<sub>3</sub> özelliği yapılan analizde core olarak belirlenmiştir. Core sınıfı bir veri setindeki en önemli özelliktir ve indirgenmesi kesinlikle düşünülemez. Bu çalışmada A<sub>1</sub> ve A<sub>3</sub> ya da A<sub>2</sub> ve A<sub>3</sub> özellikleri

bir arada kullanılarak karar kurallarının çıkarılabileceği sonucunda ulaşılmıştır. Üretilen reduct tablosu Tablo 4'te gösterilmiştir.

**Tablo 4.** Reduct tablosu

No	Reduct	Nesne Sayısı
1	$A_1, A_3$	2
2	$A_2, A_3$	2

### 3.3. Kuralların Çıkarılması

Karar tablolarından üretilen karar kuralları Kaba kümeler teorisinin en önemli çıktısıdır. Oluşturulan karar sistemi verileri kullanılarak ROSE2 programının yardımı ile karar kuralları çıkarılmıştır. Bu adımda değişkenlere bağlı olarak karar vermek için kurallar geliştirilir. Bu çalışmada verileri ROSE 2'de çözdüğümüzde aşağıdaki kurallar elde edilir:

Kural 1: ( $A_3 = 4$ ) => (Dec = D); [2, 2, 66.67%, 100.00%][0, 2, 0] Destekleyen Durumlar (6,7)

Kural 2: ( $A_1 = 20$ ) & ( $A_3 = 1$ ) => (Dec = D); [1, 1, 33.33%, 100.00%][0, 1, 0] Destekleyen Durumlar (3)

Kural 3: ( $A_3 \in \{2, 3\}$ ) => (Dec = Y); [3, 3, 60.00%, 100.00%][0, 0, 3] [ $\emptyset$ ,  $\emptyset$ ], Destekleyen Durumlar (4,5,8).

## 4. Sonuç

Kaba kümeler teorisi dünya çapında her geçen sene daha da fazla artan bir ilgiye sahiptir. Bu ilgiyi görebilmek için son yıllarda bu konuda yayınlanan makale, bildiri, seminer ya da konferans sayılarına bakılabilir. Yine yakın zamanlarda bu konu

adına konferanslar ve çalıştaylar düzenlenmektedir. Bu ilgi Kaba kümeler teorisinin uygulama alanlarını genişletmiş ve her alanda kullanılabilir hale getirmiştir. Özellikle yapay zekâ uygulamalarında, makine öğrenmesinde, çıkarsamalarda, örgü algılamada ve bilgi keşfinde Kaba kümeler teorisi çok önemli bir yer edinmektedir. Bu makale çalışmasında da bu teorisinin temel notasyonları ele alınarak sayısal bir örnekle çalışmanın sonuçları paylaşılmıştır.

Kaba kümeler teorisinin elimizdeki verilerde sonuca etkisi az olan belirtilerin yakalanıp çıkarılmasının önemi çok büyüktür. Bizim örneğimizde  $A_4$  özelliği (İplik numarası) sonuca etkisinin az olması nedeniyle kuralların çıkarılmasında ihmal edilmiştir. Elde edilen kuralların sözel yorumu aşağıdaki gibidir:

Kural 1: Eğer  $A_3=4$  ise ipliğin sürtünme katsayısı Düşük olur. Bu durumun ispatı için 6. ve 7. verilere bakılabilir.

Kural 2: Eğer  $A_1=20$  ve  $A_3=1$  ise ipliğin sürtünme katsayısı Düşük olur. Bu kuralın ispatı için 3. veriye bakılabilir.

Kural 3: Eğer  $A_2=2$  ya da  $A_2=3$  ise ipliğin sürtünme katsayısı Yüksek olur. Bu kuralın ispatı için 4, 5, 8. verilere bakılır.

Buradan çıkarılabilecek sonuç kuralları ile iplik özellikleri ile ilgili karar alıcılara destek sağlanabilir. Bunun yanı sıra çalışmada da belirtilen bir özelliğin ihmal edilmesi, veri madenciliğinin ve veri madenlerinden bilgi keşfinin önemli sonuçlarından birisidir. Yüksek veri kümelerinde sağlanacak bir özellik



indirgemesi bilgi keşfinin zaman açısından önemli derecede kısılmasını sağlayacaktır. Özellik indirgeme yöntemi sayesinde üzerinde çalışılan veri setlerinin analizi daha kolay yapılabilmektedir. Ancak hangi özelliğin indirgeneceği konusu oldukça zor ve karmaşıktır. Gerekli olan bir bilginin kaybolması gibi bir durum söz konusu olabilir. Bu sorunların çözümü adına Kaba kümeler teorisinin avantajları mevcuttur.  $A_4$  özelliğinin özellik indirgenmesi sonucu hiçbir bilgi kaybının olmayacağı sonucuna ulaşılmıştır.  $A_3$  özelliğinin ise bütün reduct sınıflarından geçmesinden dolayı indirgenemez temel bir özellik olduğu sonucuna varılmıştır.  $A_3$  özellik kümesi iplik sürtünme katsayılarına etki eden en önemli özelliktir.

Sonuç olarak, bu çalışma ile birlikte tekstil endüstrisinde uygulaması çok az olan Kaba kümeler teorisinin bir uygulaması başarılı bir şekilde gerçekleştirilmiştir. Böylelikle Kaba kümeler teorisinin uygulama alanı genişletilmiş ve tekstil ürünleri imalatında çok önemli bir yere sahip olan iplik sürtünme özelliğine etki eden faktörler arasındaki ilişkiler incelenmiştir. Kaba kümeler teorisinin önemli özelliklerinden birisi de az ve belirsiz veriler ile çalışabilmesidir. Tekstil endüstrisinde kullanılan verilerin belirsizlik içermesi durumunda Kaba kümeler teorisi verilerin analizinde ve yorumlanmasında önemli bir fayda sağlayacaktır. Verilerden doğru bilgilerin çıkarılması çalışmalarında Kaba kümeler teorisinin karar kuralları

kullanılarak karar alıcıların işini kolaylaştıracaktır.

## 5. Kaynaklar

- Ajayi, J. ve Elder, H., 1994. Comparative Studies of Yarn and Fabric Friction. *Journal of Testing and Evaluation*, 463-467.
- Aldridge, C. H., 1999. Discerning Landslide Hazard Using a Rough Set Based Geographic Knowledge Discovery Methodology. Otago: Citeseer.
- B.Predki, ve diğerleri, 1998. ROSE - Software Implementation of the Rough Set Theory. *Lecture Notes in Artificial Intelligence*, 1424, 605-608.
- Balcı, G. ve Sülar, V., 2016. İpliklerde Sürtünme Özelliği: Önemi ve Ölçüm Yöntemleri. *Tekstil ve Mühendis*, 73-74.
- Chattopadhyay, R. ve S., B., 1996. The Frictional Behaviour of Ring-, Rotor-, and Friction-spun Yarn. *Journal of Textile Institute*, 59-67.
- Denby, E. ve Andrews, M., 1965. Friction forces on wool fibers in a worsted fabric. *Textile Research J.*, 913-922.
- Ghosh, A., A., P., Anandjiwala, R. ve Rengasamy, R., 2008. A Study on Dynamic Friction of Different Spun Yarns. *Journal of Applied Polymer Science*, 3233-3238.
- Gupta, B. S., 2008. Friction in textile materials. Boca Raton Boston New York Washington, DC: CRC Press.

- Hong, J., 2000. Structure-Process- Property Relationships in Polyester Spun Yarns: The Role of Fiber Friction. basım yeri bilinmiyor:Georgia Institute of Technology.
- İnan, O., 2003. Veri madenciliği. Konya: Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Institute of Computing Science, P. U. o. T., 2014. Laboratory of Intelligent Decision Support Systems. <http://idss.cs.put.poznan.pl/site/rose.html> [21 01 2014].
- Kalikov, A., 2006. Veri Madenciliği ve Bir E-Ticaret Uygulaması, Yüksek Lisans Tezi, basım yeri bilinmiyor: Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Kalyanaraman, A. R., 1988. Yarn-Friction Studies with the SITRA Friction Measuring Device. Journal of the Textile Institute, 147-151.
- Komorowski, J., Polkowski, L. ve Skowron, A., 1998. Rough Sets: A Tutorial. 9 dü. Singapur: Springer-Verlag.
- Leung, Y. F. T. M. J. W. W., 2007. A rough set approach to the discovery of classification rules in spatial data. International Journal of Geographical Information Science, 21, 1033-1058.
- Ling Peng a, b. R. N. ve diğerleri, 2014. Landslide susceptibility mapping based on rough set theory and support vector machines: A case of the Three Gorges area, China. Geomorphology, 204, 287-301.
- Matukonis, A., Palaima, J. ve Vitkauskas, A., 1976. Material science of Textile. basım yeri bilinmiyor:Vilnius: Mokslas.
- Morton, W. E. ve Hearle, J. W., 1962. Physical properties of. The Textile Institute, 559-590.
- Morton, W. E. ve Hearle, J. W., 1962. Physical properties of textile fibres. The Textile Institute, 559-590.
- Nazarov, M. ve Kamalov, R., 2010. Farklı Bağlı Nem ve Sıcaklık Koşullarında İplik Sürtünme Özelliklerinin İncelenmesi. Bitirme Ödevi, İzmir: Ege Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, (<https://goo.gl/5SKLqj>).
- Pan, X. ve diğerleri, 2010. A variable precision rough set approach to the remote sensing land use/cover classification. 36 dü. Geosci: Comput.
- Pawlak, Z., 1982. Rough Sets. International Journal of Computer and Information Sciences, 11, 341-356.
- Pawlak, Z., 1997. Rough Set Approach to Knowledge-Based Decision Support. European Journal of Operational Research, 99, 48-57.
- Pawlak, Z., 1997. Rough Sets Approach to Knowledge Based Decision Support. European Journal of Operational Research, 99, 48-57.
- Pawlak, Z., 1998. Rough Set Theory And Its Applications To Data Analysis. Cybernetics and Systems: An International Journal, 29(7), 661-668.

- Pažarauskas, E., 1992. Prediction of Friction Properties of New Threads According up Today Technologies. - PhD Thesis, p. 191.
- Rankumar, S. ve diğerleri, 2003. Experimental Study of the Frictional Properties of Friction Spun Yarns. Journal of Applied Polymer Science, 2450-2454.
- Schick, M., 1973. Friction and Lubrication of Synthetic Fibers. Textile Research Journal, 198-204.
- Svetnickienė, V. ve Čiukas, R., 2006. Technical and classical yarns friction properties investigation. Mechanika, 4(60), 54-58.
- Svetnickienė, V. ve Čiukas, R., 2006. Technical and Classical Yarns Friction Properties Investigation. Mechanika, 54-58.
- Tay, F. ve Shen, L., 2003. Fault diagnosis based on rough set theory. Engineering Applications of Artificial Intelligence, 16, 39-43.
- Thangavel, K. J. P. P. A. K. M., 2005. Effective classification with improved quick reduct for medical database using rough system. Bioinforma. Med. Eng., 5, 7-14.
- Thuarisingham, B., 2003. Web Data Mining and Applications in Business Intelligence and Counter Terrorism. Boca Raton: CRC Press LLC.
- Varža, V., 1981. Manufacturing of Wool-Polyester Yarns, Having Different Structure and Investigation of Them Properties. Kaunas.
- Walczak, B. ve Massart, D., 1999. Rough sets theory. Chemometrics and Intelligent, 47, 1-16.
- Walczak, B. ve Massart, D., 1999. Rough sets theory. Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems, 47, 1-16.
- Wegener, W. ve Shuler, B., 1964. Determination of the friction coefficient. Textilindustrie, 458-463.
- Yin, X., Zhou, Z., Li, N. ve Chen, S., 2001. An Approach for Data Filtering Based on. Berlin: Springer-Verlag.
- Zadeh, L. A., 1965. Fuzzy sets. Information Control, 338-353.

## Okyanus Termal Enerji Dönüşüm (OTEC) Sistemi

İbrahim ÜÇGÜL<sup>1</sup>, Ufuk ELİBÜYÜK

<sup>1</sup>Süleyman Demirel Üniversitesi Yenilenebilir Enerji Kaynakları Araştırma ve Uygulama Merkezi  
(YEKARUM) 32260 Çünür/ISPARTA

(Geliş Tarihi/Received: 11.07.2015, Kabul Tarihi/Accepted: 09.10.2015)

### ÖZET

Okyanus Termal Enerji Dönüşümü (OTEC) ılık yüzey suyu ve soğuk derin deniz suyu arasında doğal olarak oluşan sıcaklık farklarını kullanan bir yöntemdir. İlk olarak 1881 yılında tanıtılan bu yöntem ileriki yıllarda gelişmiştir. Elektrik üretiminin yanında temiz su üretimi, klima ve soğutmada kullanımı, kültür balıkçılığına izin vermesi vb. özellikleri bu yöntemin avantajları arasındadır. OTEC sistemler, açık, kapalı ve hibrid sistemler olarak günümüzde kullanılmaktadır. Diğer yenilenebilir enerji kaynakları gibi yaygınlaşmamasının sebebi sadece oğlak ve yengeç dönenceleri arasında (Ekvator'un 23° kuzeyi ve güneyi) kalan bölgelerin bu tip enerji üretimi için uygun olması ve yöntemin diğer yenilenebilir enerji yöntemlerine göre maliyetinin daha pahalı olmasıdır. Bu çalışmada okyanus termal enerji dönüşüm sistemlerinden, dünyadaki potansiyelinden, kullanılan çeşitli sistemlerden ve diğer kullanım alanlarından bahsedilmiştir.

**Anahtar kelimeler:** OTEC, OTEC potansiyeli, OTEC sistemleri, OTEC diğer kullanım alanları

## Ocean Thermal Energy Conversion (OTEC) System

### ABSTRACT

Ocean Thermal Energy Conversion (OTEC) is a method that uses the naturally occurring temperature differences between warm surface water and cold deep-sea water. This method is developed in later years was first introduced in 1881. Screeners have clean water production next production, the use of air conditioning and refrigeration, to allow aquaculture. etc. characteristics are among the advantages of this method. OTEC systems, open, closed and hybrid systems in use today. Among other common that they do not cause not only of goat and crab tropics such as renewable energy sources (23° north and south of the equator), the region of the cost compared to other renewable energy methods is appropriate, and method for producing this type of energy is more expensive. In this study of ocean thermal energy conversion systems, the potential in the world, are discussed from a variety of systems used and the other areas.

**Keywords:** OTEC, OTEC potential, OTEC systems, other uses for OTEC

### 1. Giriş

Dünya yüzeyinin yüzde 80'i sudan oluşmaktadır. Dünyadaki tüm suların %70'lik bir bölümünü de okyanuslar oluşturmaktadır. Buda okyanusları dünyanın en büyük güneş enerjisi kolektörü ve enerji depolama sistemi yapmaktadır. Bir günde ortalama, tropik denizlerin 60 milyon kilometre karesi, yaklaşık 250 milyar varil

petrol ısı içeriğine eşit güneş radyasyon miktarını emmektedir. Bu saklı güneş enerjisinin onda biri elektrik enerjisine dönüştürülebilir olsaydı, bir günde Amerika Birleşik Devletleri'nde tüketilen elektrikten 20 kat daha fazla olacaktır(Bechtel ve Netz, 1997).

Okyanus termal enerji dönüşümü (OTEC), tropikal ve sub-tropikal okyanuslarda bulunan sıcak yüzey suları (26°C) ve okyanus derinliklerindeki çok soğuk suları (4°C) arasındaki mevcut sıcaklık farkından yararlanılarak termodinamik çevrim ile elektrik üretilen bir yöntemdir (Sopac, 2001). Okyanus termal enerji dönüşümünde, okyanus yüzeyi güneş toplayıcı olarak hizmet verdiğinden dolayı bir güneş enerjisi teknolojisi olarak kabul edilebilir (Rose, 1985). Okyanus termal enerji dönüşümü yönteminin etkili olabilmesi için okyanus yüzey tabakaları arasında bir minimum sıcaklık farkı 20 ° C olması gerekmektedir (Finney, 2008).

Bilinen ilk Okyanus Termal Enerji Dönüşümü (OTEC) sistemi Fransız Fizikçi Jacques Arsene d'Arsonval tarafından 1881 yılında önerilmiştir(Finney, 2008). Jacques Arsene d'Arsonval'ın öğrencisi, Georges Claude 1930 yılında deneysel olarak 22 kilowatt büyüklüğünde Küba'da ilk açık çevrim OTEC santrali inşa etmiştir (Magesh, 2010; Etemadi vd., 2011). Fransız araştırmacılar 1956 yılında Afrika'nın batı kıyısında Abidjan için 3 Megawatt (brüt) açık çevrim santrali OTEC tasarlanmıştır. Hawaii Doğal Enerji Laboratuvarı Kurumu (NELHA), 1979 yılında "Mini OTEC" adlı kapalı çevrim yüzen OTEC gösteri tesisi (brüt

güç 53 kW ve net güç 18 kW üreten) kurulmuştur. 1982 yılında Toshiba ve TECH firmaları tarafından Pasifik Okyanusu'nda bulunan Nauru Cumhuriyeti'ne 120 kW (net gücü 31,5 kW) olan kapalı sistem OTEC tesisi kurulmuştur (Magesh, 2010).



**Şekil 1.** Mini OTEC (Vega, 1999)

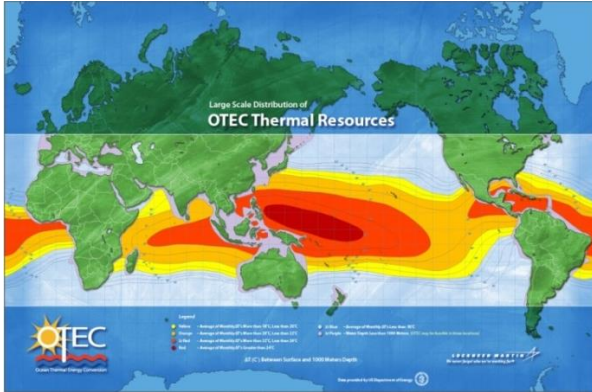
OTEC sistemlerinin; temiz, yenilenebilir ve doğal bir kaynak olması, fosil yakıtların yerine sıcak deniz yüzey suyu ve okyanus derinliklerinden soğuk suyundan elektrik üretilmesi, uygun tasarlanmış OTEC tesisleri çok az karbondioksit salgılamaları, OTEC tesislerinin kirlenici kimyasalları üretmemeleri, OTEC sistemlerinin tatlı su üretebilmesi (Tatlı su üretimi sınırlıdır ve ada alanlarında önemli bir avantajdır), elektrik kaynağı olarak OTEC kullanımını ithal fosil yakıtlara devletlerin tam bağımlılığını azaltmaya yardımcı olması gibi birçok avantajı vardır. Bu avantajlarının yanında elektrik üretim maliyetinin yüksek olması (üretilen elektriğin maliyeti 0,08 – 0,27 \$/kWh), küçük ölçekte tesis yapılacağından enerji firmaların yatırım yapmaması, kayalık ve kıyıya yakın deniz ekosistemi için vermiş olduğu hasarlar gibi de dezavantajları vardır (Bechtel ve Netz, 1997; URL-1).

## 2. Okyanus Termal Enerji Potansiyeli

En iyi OTEC kaynakları yıl boyunca ekvatorun kuzey ve güney tropik bölgelerinde bulunur. Okyanusun termal yapısını etkilemeden OTEC sistemleri tarafından yaklaşık 10 TW güç temin edilebileceği tahmin edilmektedir. Bu dönüştürme yıllık değer olarak yaklaşık 300 EJ/y'dır (Wina, 2015).

OTEC sistemi için kaynak seçimi yapılırken; mevsimsel fırtınalara, güçlü akıntılara, çok derin soğuk su ve sert okyanus koşulları gibi faktörlere dikkat edilmesi gerekmektedir (Girgis ve Siegel, 1983).

En az 98 ülkede toplam 200 deniz mili OTEC termal kaynak bulunmaktadır(Şekil 1). OTEC termal kaynak bölgeleri Afrika ve Hint sahilleri, Amerika'nın tropikal batı ve güney-doğu kıyıları ve birçok Karayip ve Pasifik adalarıdır(Wina, 2015).

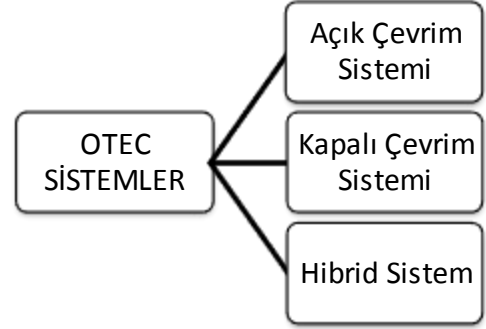


Şekil 2. OTEC Termal Kaynakları (Lockheed Martin, 2015)

## 3. Okyanus Termal Enerji Dönüşüm (OTEC) Sistemleri

Okyanus içinde mevcut potansiyel enerji çıkarma; pompalar, kondansatörler ve

ısı değiştiriciler dâhil olmak üzere kullanılan ısı sistemin etkinliği bağlıdır. OTEC dönüşüm sistemleri; açık çevrim, kapalı çevrim ve hibrid sistemlerden oluşmaktadır.



Şekil 3. OTEC dönüşüm sistemleri

### 3.1. Açık Çevrim Sistemi

Açık çevrim tesisinde, yüzey sıcak deniz suyu buharlaştırılmış flaş bir vakum odasına pompalanır ve elde edilen buhar türbini tahrik eder. Soğuk deniz suyu daha sonra yüzeye getirilir ve çevre için döndürülen su içine buharı yoğunlaştırmak için kullanılır. Açık çevrim aşağıdaki adımlardan oluşur:

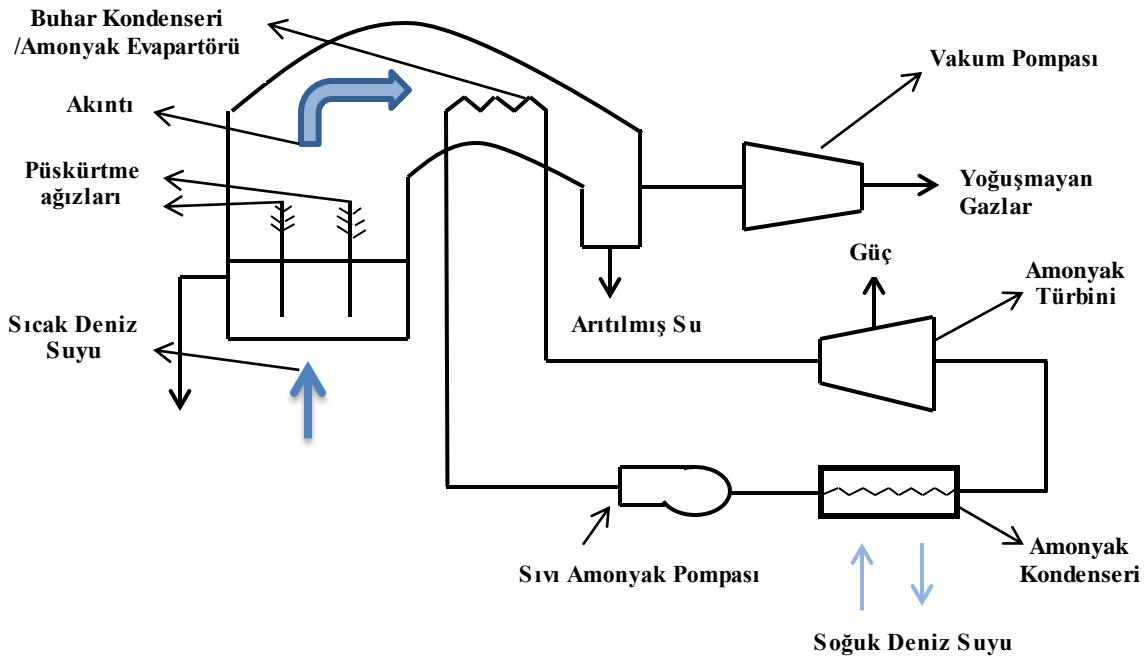
- Sıcaklığına karşılık gelen doygunluk değerinin altında basınç indirgenmesi ile sıcak deniz suyunun bir kısmını flaş buharlaştırılması.
- Buhar genişletilmesi için bir türbin vasıtasıyla güç oluşturmak.
- Çalışma sıvısının yoğuşması ile elde edilen soğuk deniz suyunun ısı emicisine ısı transferi.
- Sistemden tahliye etmek için gereken basınçlarda olmayan, yoğuşmayan gazların sıkıştırılması (Etemadi vd., 2011).



### 3.3. Hibrid Sistem

Hibrid sistem, maksimum verim elde etmek için hem kapalı ve açık çevrim OTEC sistemleri ilkeleri kullanan sistemdir. Hibrid çevrimi deniz suyu ve diğer çalışma sıvısı olarak da genellikle amonyak kullanılarak tasarlanmış bir sistemdir (Takahashi and Trenka, 1996; Finney, 2008). Temiz su başlangıçta kapalı çevrime benzemektedir; bir vakum kabı içinde flaş buharlaşma meydana gelir. Aynı reaksiyon kabı içinde,

amonyak, ılık su ile ısı alış veriş yoluyla buharlaştırılır. Amonyak fiziksel olarak iki fazlı, iki madde karışımı olacak şekilde sıcak deniz suyu ile karıştırılır. Buharlaştırılan amonyak daha sonra buhar / su vasıtası ile ayrılır ve yeniden yoğunlaştırılır ve kapalı döngü döngüsüne yeniden başlanır. Buharlaşan amonyak elektrik üretimi için türbini çalıştırır (Thomas, 1993; Finney; 2008; Gülsaç, 2009).



Şekil 6. Hibrid Sisteminin Şematik Diyagramı (URL-2)

## 4. Okyanus Termal Enerji Tesislerinin Diğer Kullanım Alanları

### 4.1. Tatlı Su Üretimi

Tuzdan arındırma sadece OTEC teknoloji ile üretilmiş etkin potansiyel ürünlerinden biridir. Ilık su, düşük basınç türbinini kapatmak için buharlaştırıldığı zaman tatlı su açık döngü OTEC tesislerinde üretilir. Üretilen suyun doğada bulunan tatlı içme suyundan daha saf olduğu tespit edilmiş ayrıca 1 MW elektrik üretiminde

saniye başına 55 kg tatlı su üretimi yapıldığı tahmin edilmektedir. Bu su üretimi günlük tüketimi 4000 m<sup>3</sup>/gün olan küçük bir kıyı topluluğa tatlı su kaynağı olabilecek düzeydedir. Bu su aynı zamanda tarımsal ürünlerin kalitesini ve gıda miktarını arttırmak içinde kullanılabilir (Takahashi ve Trenka, 1996; Finney, 2008).

### 4.2. Klima ve Soğutma

Soğuk su boruları bir OTEC santrali için yüklendikten sonra soğuk su yüzeyine



pompalanan çalışma sıvısı diğer projeler içinde kullanılabilir. Bu kullanımlarından biri klima ve soğutmadır. Soğuk su alanı, ısı eşanjörleri üzerinden sirküle etmek için veya ısı eşanjörleri içinde çalışma akışkanının soğutulması için kullanılabilir (Takahashi ve Trenka, 1996). Bu teknoloji otel ve ev klimalarının yanı sıra soğutma düzenekleri için de uygulanabilir (Finney, 2008).

#### 4.3. Su Ürünleri ve Kültür Balıkçılığı

OTEC tesislerinden yararlanmanın bir başka yolu da, gıda amacıyla deniz bitkileri ve hayvanları su boruları yardımıyla hasat etmektir. Bu önerme halen tartışılmaktadır çünkü somon, abalon, Amerikan ıstakoz, düz balık, denizkestanesi ve yenilebilir deniz yosunu içeren deniz suyu OTEC tesislerinden soğuk su boruları kullanılarak yenmesi için hasat edilebileceği önerilmiştir (Finney, 2008).

Kültür balıkçılığında soğuk derin okyanus suyu, okyanus yüzeyindeki balık ve diğer su nüfusu için katalizör hizmet vermekte ve biyolojik besin içermektedir. Bu soğuk okyanus suyu geri dönüşüm yoluyla yerli balık popülasyonlarını arttırmak için hizmet verebilir (Takahashi ve Trenka, 1996).

#### 4.4. Soğuk Su Tarımı

OTEC için uygun kıyı alanları tropik bölgelerdedir çünkü derin okyanus kaynaklı soğuk su kullanmak bir alan içinde genel gıda çeşitliliğini artırmak için bir potansiyel vadeder. Yeraltı toprak sıcaklığı soğuk su boru ağlarını gömerek soğuk iklimlerde üretilebilecek çilek ve diğer sınırlı bitkiler

için ideal olacağı öne sürülmüştür (Finney, 2008).

#### 4.5. Diğer Kullanım Alanları

Deniz suyu içinde çözülmüş klorid-lityumun çıkarılması endüstriyel lityum üretim için önemli yöntemlerden biridir. Derin okyanus suları, dermatit alerjiye ve rahatlama için kullanılan tıbbi tedavi yöntemlerinden biridir. Diğer bir yöntem ise hidrojen üretimidir (Kobayashi vd., 2004).

#### 5. OTEC Santrallerinin Maliyeti

OTEC santrallerinin ilk yatırım maliyeti kurulacak sistemin büyüklüğüne ve santralin kıyı veya denizde kurulmasına göre değişmektedir. Santraller büyüdükçe ilk yatırım maliyeti azalmakta, sistemin kıyıda kurulmasıyla da maliyet artmaktadır. Tablo 1'de OTEC sisteminin ilk yatırım maliyetleri verilmiştir.

**Tablo 1.** OTEC Santrallerinin İlk Yatırım Maliyetleri (Vega, 2010)

MW	İlk Yatırım Maliyeti (\$/kW)	Kurulduğu Yer
1,4	41562	Kıyı
5	22812	Kıyı
5,3	35237	Deniz
10	24071	Kıyı
10	18600	Deniz
35	12000	Deniz
50	11072	Deniz
53,5	8430	Deniz
100	7900	Deniz

OTEC santrallerinin ilk yatırım maliyetine bakacak olursak diğer enerji santrallerinin ilk yatırım maliyetlerinden yüksek olduğu görülmektedir (Tablo 2).

**Tablo 2.** Enerji Santrali Maliyetleri (Kaya ve Koç, 2015)

Santral Tipi	İlk Yatırım Maliyeti (\$/kW)
OTEC	7900
Rüzgâr Santrali (Deniz Üstü)	6230
Nükleer Santral	5530
Jeotermal Enerji Santrali	4362
Biyokütle Enerji Santrali	4114
Güneş Enerji Santrali	3873
Kömür Yakıtlı Linyit Santral	3246
Hidroelektrik Santral	2936
Rüzgâr Santrali (Kara)	2213
Doğalgaz Yakıtlı Linyit Santral	917

## 6. Sonuç

Okyanus termal enerji dönüşüm sistemi hiçbir emisyon yaratmayan yenilenebilir enerji kaynağıdır. OTEC'in başlıca avantajları elektrik üretimi, içme suyu ve tarımda kullanılabilir su üretimi, soğutma ve kullanıldığı kıyı toplumunun gelişmesini ve kalkınmasını sağlamasıdır. Dezavantajları ise yüksek maliyetli olması ve kullanımının kıyı çevrelerinden uzakta olmasıdır.

Bu çalışma OTEC sistemi üzerine bir araştırma niteliği taşımaktadır. Bu araştırma OTEC sisteminin kullanımına uygun

olmayan yüksek maliyetine karşı ne kadar faydalı olduğundan söz etmiştir.

Dünya nüfus olarak gün geçtikçe artmakta ve bu nüfus artışı yanında teknolojinin gelişmesiyle birlikte enerji kullanımını ve temiz su ihtiyacını doğurmaktadır. OTEC sistemi günümüzde olmasa bile gelecek zamanlarda uygun, verimli ve çok kullanılan bir yenilenebilir enerji kaynağı olarak tarihteki yerini alacaktır.

## Kaynaklar

Bechtel, M., Netz, E., 1997. OTEC - Ocean Thermal Energy Conversion. Erişim Tarihi: 01.07.2015. <http://exergy.se/goran/cng/alten/proj/97/ot/ot.html>

Etemadi, A., Emdadi, A., AsefAfshar, O., Emami, Y., 2011. Electricity Generation by the Ocean Thermal Energy. Energy Procedia, 12, 936-943.

Finney, K.A., 2008. Ocean Thermal Energy Conversion. Guelph Engineering Journal, (1), 17 - 23.

Girgis, M.A., Siegel, J.M., 1983. Open-Cycle Ocean Thermal Energy Conversion. Florida Solar Energy Center, Publication Number: FSEC-FS-28-83, 2s.

Gülsaç, I.I., 2009. Okyanuslardan Gelen Enerji Dalga Enerjisi. Erişim Tarihi: 18.10.2014. [http://www.vizyon21yy.com/documan/Genel\\_Konular/Enerji/Dalga\\_Enerjisi/Dalga\\_Enerjisi.pdf](http://www.vizyon21yy.com/documan/Genel_Konular/Enerji/Dalga_Enerjisi/Dalga_Enerjisi.pdf)

- Kaya, K., Koç, E. 2015. Enerji Üretim Santralleri Maliyet Analizi. Mühendis ve Makina, cilt 56, sayı 660, s. 61-68.
- Kobayashi, H., Jitsuhara, S., Uehara, H., 2004. The Present Status and Features of OTEC And Recent Aspects of Thermal Energy Conversion Technologies. Erişim Tarihi: 02.07.2015.  
[http://www.nmri.go.jp/main/cooperation/ujnr/24ujnr\\_paper\\_jpn/Kobayashi.pdf](http://www.nmri.go.jp/main/cooperation/ujnr/24ujnr_paper_jpn/Kobayashi.pdf)
- Lockheed Martin, 2015. Ocean Thermal Energy Conversion. Erişim Tarihi: 02.07.2015.  
<http://lockheedmartin.com/us/products/otec.html>
- Magesh, R., 2010. OTEC Technology- A World of Clean Energy and Water. Proceedings of the World Congress on Engineering, Vol II, WCE 2010, June 30 - July 2, London.
- Masutani, S. M., Takahashi, P. K., 2001. Ocean Thermal Energy Conversion (OTEC). Erişim Tarihi: 02.07.2015.  
[http://www.curry.eas.gatech.edu/Courses/6140/ency/Chapter2/Ency\\_Oceans/OTEC.pdf](http://www.curry.eas.gatech.edu/Courses/6140/ency/Chapter2/Ency_Oceans/OTEC.pdf)
- Rose, R.E., 1985. Ocean Thermal Energy Conversion Power Plants: My Role in The Noaa-Nmfs Preliminary Fishery Impacts Study. Oregon State University, College of Oceanography, Master of Science, 21s, Oregon.
- Sopac, 2011. Ocean Thermal Energy Conversion and the Pacific Islands, Miscellaneous Report 417.
- Takahashi, Patrick, Trenka, Andrew, 1996. Ocean Thermal Energy Conversion, John Wiley & Sons, chichester.
- Thomas, G., 2003. An Assessment of Ocean Thermal Energy Conversion as an Advanced Electric Generation Methodology. Proceedings of the IEEE, Vol. 81 No. 3.
- URL-1, OTEC, 2015. 06.10.2015  
[http://www.esru.strath.ac.uk/EandE/Web\\_sites/98-9/offshore/otec.htm](http://www.esru.strath.ac.uk/EandE/Web_sites/98-9/offshore/otec.htm)
- URL-2, OTEC, 2015. 06.10.2015  
[http://www.esru.strath.ac.uk/EandE/Web\\_sites/02-3/ocean\\_thermal\\_energy/group%20project/exports/otecex.html](http://www.esru.strath.ac.uk/EandE/Web_sites/02-3/ocean_thermal_energy/group%20project/exports/otecex.html)
- Vega, L., 2010. Economics of Ocean Thermal Energy Conversion (OTEC):An Update, Offshore Technology Conference held in Houston, Texas, USA, 3-6 May 2010.
- Vega, L., 1999. Ocean Thermal Energy Conversion (OTEC). Erişim Tarihi: 06.10.2015.  
<http://www.otecnews.org/portal/otec-articles/ocean-thermal-energy-conversion-otec-by-l-a-vega-ph-d/>
- Wina, H.J., 2015. Global Potential of Renewable Energy Sources: A Literature Assess Ment. Erişim Tarihi: 01.07.2015.  
<http://www.researchgate.net/publication/237576106>

## On the a New Family of $k$ -Fibonacci Numbers

Yasemin TAŞYURDU<sup>1\*</sup>, Nurdan ÇOBANOĞLU<sup>2</sup>, Zülküf DİLMEN<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Department of Mathematics, Faculty of Sciences and Art, University of Erzincan, Erzincan 24000,  
Turkey

<sup>2</sup>Master Student Department of Mathematics, Faculty of Sciences and Art, University of Erzincan,  
Erzincan 24000, Turkey

(Geliş Tarihi/Received: 28.01.2016, Kabul Tarihi/Accepted: 24.03.2016)

### ABSTRACT

In this paper, it was showed that Fibonacci sequences  $\{F_n^{(k,p)}\}$  of a new family defined in work of (Mikkawy and Sogabe, 2010) are simply periodic sequences according to modulo  $p$ . We gave some relationship between the new family and ordinary Fibonacci numbers. Also, we proved some theorems concerning the new family and Lucas numbers.

**Mathematics Subject Classification:** 11B39, 11B50

**Keywords:** Fibonacci numbers, Lucas numbers, Period

## $k$ -Fibonacci Sayılarının Yeni Bir Ailesi Üzerine

### ÖZET

Bu çalışmada, (Mikkawy ve Sogabe, 2010) çalışmasında tanımlanan yeni bir ailenin,  $\{F_n^{(k,p)}\}$  Fibonacci dizilerinin  $p$  moduna göre basit periyodik diziler olduğu gösterildi. Yeni aile ve bilinen Fibonacci sayıları arasındaki bazı ilişkileri verdik. Ayrıca, yeni aile ve Lucas sayıları ile ilgili bazı teoremleri ispatladık.

**Anahtar Kelimeler:** Fibonacci sayıları, Lucas sayıları, Periyot

### 1. Introduction

Many of the obtained numbers by using homogeneous linear recurrence relations and their the miscellaneous properties have been studied; see, for example, (Lee, 2000), (Taher and Rachidi, 2003). Fibonacci numbers are one of the most well-known numbers, and it has many important applications to diverse fields such as mathematics, computer science, physics, biology and statistics. We can see applications of Fibonacci sequences in group

theory in (C. Campbell and P. Campbell, 2005), (Deveci, 2011, 2015) and also see some generalized Fibonacci and Lucas sequences in (Arı 2015), (Grabowski and Wojtecki, 2004), (İpek and Arı, 2015), (Kılıç and Taşçı, 2006), (Lee, 2000), (P. Stanimirovic, Nikolov and I. Stanimirovic 2008), (Taher and Rachidi, 2003), (Taşçı and Kılıç, 2004). Y. Taşyurdu and İ. Gültekin obtain the period of generalized Fibonacci sequence in finite rings with identity of order

$p^2$  (Taşyurdu and Gültekin 2013, 2016). The Fibonacci numbers  $F_n$  are the terms of the sequence  $0, 1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, \dots$  where  $F_n = F_{n-1} + F_{n-2}$  with the initial values  $F_0 = 0$  and  $F_1 = 1$ . The Lucas numbers  $L_n$  are the term of the sequence  $2, 1, 3, 4, 7, 11, 18, 29, 47, \dots$  where  $L_n = L_{n-1} + L_{n-2}$  with initial conditions  $L_0 = 2$  and  $L_1 = 1$ . A. İpek and K. Arı obtain several new connections between the generalizations of Fibonacci and Lucas sequences (İpek and Arı 2014). Generalized Fibonacci sequence have been intensively studied for many years and have become into an interesting topic in Applied Mathematics. Fibonacci sequences and their related higher-order (tribonacci,  $k$ -nacci) sequences are generally viewed as sequences of integers. The notion of Wall number was first proposed by D. D. Wall (Wall 1960) in 1960 and gave some theorems and properties concerning Wall number of the Fibonacci sequence. K. Lü and J. Wang (Lü and Wang 2007) contributed to the study of the Wall number for the  $k$ -step Fibonacci sequence.

A sequence is periodic if, after a certain point, it consists only of repetitions of a fixed subsequence. The number of elements in the repeating subsequence is called the period of the sequence. For example, the sequence  $a, b, c, d, b, c, d, b, c, d, \dots$  is periodic after the initial element and has period 3. A sequence of group elements is simply periodic with period  $k$  if the first  $k$  elements in the sequence form a repeating subsequence. For example, the sequence

$a, b, c, d, e, a, b, c, d, e, a, b, c, d, e, \dots$  is simply periodic with period 5 (Knox, 1992).

The minimum period length of  $(F_i \bmod n)_{i=-\infty}^{\infty}$  sequence is stated by  $k(n)$  and is named Wall number of  $n$  (Wall 1960).

An  $k$ -step Fibonacci sequence  $\{F_n^{(k)}\}_{n=1}^{\infty}$  is defined by letting  $F_n^{(k)} = 0$  for  $n \leq 0$ ,  $F_1^{(k)} = 1$ ,  $F_2^{(k)} = 1$ , and other terms according to the linear recurrence equation  $F_n^{(k)} = \sum_{i=1}^k F_{n-i}^{(k)}$  for  $k \geq 2$ .

It is well known that the Fibonacci numbers  $F_n$  for  $n = 0, 1, \dots$  are defined by the Binet's formula as follows:

$$F_n = \frac{1}{\sqrt{5}}(\alpha^{n+1} - \beta^{n+1}), \quad n = 0, 1, \dots \quad (1)$$

where  $\alpha = (1 + \sqrt{5})/2$  and  $\beta = (1 - \sqrt{5})/2$ . The first few Fibonacci numbers are  $1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, 34, 55, 89, \dots$ . The numbers  $F_n$  satisfy the second order linear recurrence relation

$$F_n = F_{n-1} + F_{n-2}, \quad n = 1, 2, \dots$$

with the initial conditional  $F_1 = 0, F_0 = 1$ . It is also widely know that the  $F_n$  is related by the determinant of the special tridiagonal matrix of the form

$$T_n = \begin{pmatrix} 1 & 1 & & & \\ -1 & 1 & 1 & & \\ & \ddots & \ddots & \ddots & \\ & & -1 & 1 & 1 \\ & & & -1 & 1 \end{pmatrix} \in R^{n \times n}$$

The Lucas numbers  $L_n$  are closely related to the Fibonacci numbers  $F_n$ . The Lucas numbers are defined by

$$L_n = L_{n-1} + L_{n-2} \quad n = 2, 3, \dots$$

with initial conditions  $L_0 = 2$  and  $L_1 = 1$ . The first few Lucas numbers are 2, 1, 3, 4, 7, 11, 18, 29, 47, 76, ... The Binet's formula for the Lucas numbers  $L_n$  is  $L_n = \alpha^n + \beta^n$ ,  $n = 0, 1, \dots$ . Then, we see that the Lucas and Fibonacci numbers are related by

$$L_n = F_n + F_{n-2} = \frac{F_{2n-1}}{F_{n-1}}.$$

Now, we give definition of a new generalized  $k$ -Fibonacci number in (Mikkawy and Sogabe 2010) as follows.

**Definition 1.1.** Let  $n$  and  $k$  ( $\neq 0$ ) be natural numbers, then exist unique numbers  $m$  and  $r$  such that  $n = mk + r$  ( $0 \leq r \leq k$ ). Using these parameters, we define generalized  $k$ -Fibonacci numbers  $F_n^{(k)}$  by

$$F_n^{(k)} = \frac{1}{(\sqrt{5})^k} (\alpha^{m+2} - \beta^{m+2})^r (\alpha^{m+1} - \beta^{m+1})^{k-r},$$

$$n = mk + r. \quad (2)$$

The first few numbers of the new family for  $k = 2, 3$  are as follows:

$$\{F_n^{(2)}\}_{n=0}^{10} = \{1, 1, 1, 2, 4, 6, 9, 15, 25, 40, 64\},$$

$$\{F_n^{(3)}\}_{n=0}^{10} = \{1, 1, 2, 4, 8, 12, 18, 27, 45\}.$$

From (1) and Definition 1.1, the generalized  $k$ -Fibonacci and Fibonacci numbers are related by

$$F_n^{(k)} = (F_m)^{k-r} (F_{m+1})^r, \quad n = mk + r.$$

Considering the case  $k = 1$  in (2), we see that  $m = n$  and  $r = 0$ . Therefore,  $F_n^{(1)}$  is the

ordinary Fibonacci numbers  $F_n$  (Mikkawy and Sogabe 2010).

In the present paper, we shall focus on a new family of these numbers defined in (Mikkawy and Sogabe 2010). We will prove some theorems concerning the family. We will give some relationship between the family and ordinary Fibonacci number. Also, we prove some theorems concerning a new family and Lucas numbers. We will also prove that Fibonacci sequences  $\{F_n^{(k,p)}\}$  of the family are simply periodic sequences.

## 2. Main Results

Reducing the a new family of  $k$ -Fibonacci numbers by modulo  $p$ , we can get a repeating. Sequences denoted by

$$\{F_n^{(k,p)}\} = \{F_0^{(k,p)}, F_1^{(k,p)}, \dots, F_n^{(k,p)}, \dots\}$$

where  $F_n^{(k,p)} = F_n^{(k)} \pmod{p}$ . Let  $h_{(k,p)}$  denote the smallest period of  $\{F_n^{(k,p)}\}$ , called the period of a new family of  $k$ -Fibonacci numbers by modulo  $p$ .

**Theorem 2.1.**  $\{F_n^{(k,p)}\}$  is a simply periodic sequences.

**Proof.** From Definition 1.1, we have

$$F_n^{(k,p)} = (F_m^p)^{k-r} (F_{m+1}^p)^r, \quad n = mk + r$$

where  $(F_m^p)^{k-r}$  and  $(F_{m+1}^p)^r$  are ordinary Fibonacci numbers. So, we can write

$$F_t^{(k,p)} = (F_s^p)^{k-r} (F_{s+1}^p)^r, \quad t = sk + r$$

Because the sequence  $(F_m^p)^{k-r}$  is a simply periodic, we have

$$(F_{m-1}^p)^{k-r} \equiv (F_{s-1}^p)^{k-r} = (F_n)^2 \{F_{n-1} + F_n\}$$

where  $(F_{m+1}^p)^{k-r} \equiv (F_{s+1}^p)^{k-r}$  and  $(F_m^p)^{k-r} \equiv (F_s^p)^{k-r}$ . Since also the sequence  $(F_{m+1}^p)^r$  is a simply periodic, we obtain

$$(F_m^p)^r \equiv (F_s^p)^r$$

where  $(F_{m+2}^p)^r \equiv (F_{s+2}^p)^r$  and  $(F_{m+1}^p)^r \equiv (F_{s+1}^p)^r$ . So, we can write

$$(F_{m-1}^p)^{k-r} (F_m^p)^r \equiv (F_{s-1}^p)^{k-r} (F_s^p)^r \Rightarrow F_{n-1}^{(k,p)} \equiv F_{t-1}^{(k,p)}.$$

We can write  $F_{n+1}^{(k,p)} \equiv F_{t+1}^{(k,p)}$  because we have

$$(F_{m+1}^p)^{k-r} (F_{m+2}^p)^r \equiv (F_{s+1}^p)^{k-r} (F_{s+2}^p)^r.$$

Similarly, we can write  $F_n^{(k,p)} \equiv F_t^{(k,p)}$

because we have  $(F_m^p)^{k-r} (F_{m+1}^p)^r \equiv (F_s^p)^{k-r} (F_{s+1}^p)^r$ .

That is, we have

$$F_{n-1}^{(k,p)} \equiv F_{t-1}^{(k,p)}$$

where  $F_{n+1}^{(k,p)} \equiv F_{t+1}^{(k,p)}$  and  $F_n^{(k,p)} \equiv F_t^{(k,p)}$ .

So  $\{F_n^{(k,p)}\}$  is a simply periodic sequences.

**Theorem 2.2.** Let  $n \in \{1, 2, \dots\}$ . For fixed  $n$ , the generalized 3-Fibonacci numbers satisfy

$$F_{3n-1}^{(3)} + F_{3n}^{(3)} = F_{3n+1}^{(3)}.$$

**Proof.** We have  $F_m^{(k)} = F_{nk+r}^{(k)} = F_n^{(k-r)} F_{n+1}^{(r)}$  for  $n = mk + r$  ( $0 \leq r < k$ ). For  $k = 3$  and  $m = n - 1$ , we obtain

$$F_{3n-1}^{(3)} = F_{3(n-1)+2}^{(3)} = (F_{n-1})^1 (F_n)^2$$

and

$$F_{3n}^{(3)} = (F_n)^3 (F_{n+1})^0 = (F_n)^3.$$

By using the last two equalities, the proof is completed as follows,

$$F_{3n-1}^{(3)} + F_{3n}^{(3)} = (F_{n-1})^1 (F_n)^2 + (F_n)^3$$

$$= F_{n+1} (F_n)^2 = F_{3n+1}^{(3)}$$

**Theorem 2.3.** Let  $n \in \{2, 3, \dots\}$ ,  $n = 2k + 1$ . For fixed  $n$ , the generalized 2-Fibonacci numbers satisfy

$$F_{2n+1}^{(2)} - F_{2n+2}^{(2)} + F_{2n}^{(2)} = (-1)^n$$

**Proof.** We have the following equalities

$$F_{2n}^{(2)} = (F_n)^2$$

$$F_{2n+2}^{(2)} = (F_{n+1})^2$$

$$F_{2n+1}^{(2)} = (F_n)(F_{n+1}).$$

From the last three equalities, we can write

$$\begin{aligned} F_{2n+1}^{(2)} - F_{2n+2}^{(2)} + F_{2n}^{(2)} &= (F_n)^2 - (F_{n+1})^2 + (F_n)(F_{n+1}) \\ &= (F_n)\{F_n + F_{n+1}\} - (F_{n+1})^2 \\ &= (F_n)(F_{n+1}) - (F_{n+1})^2 \\ &= -[(F_{n+1})^2 - (F_n)(F_{n+1})] \\ &= -(-1)^{n+1} \\ &= (-1)^n \end{aligned}$$

**Theorem 2.4.** Let  $k, n \in \{1, 2, \dots\}$ . For fixed  $n$ , the generalized  $k$ -Fibonacci numbers satisfy

$$F_{nk+k-1}^{(k)} + F_{nk+k}^{(k)} = F_{nk+k+1}^{(k)}$$

**Proof.**

$$F_{nk+k-1}^{(k)} + F_{nk+k}^{(k)} = [(F_n)^1 (F_{n+1})^{k-1}] + [(F_{n+1})^k (F_{n+2})^0]$$

$$\begin{aligned} &= [(F_n)^1(F_{n+1})^{k-1}] + (F_{n+1})^k \\ &= (F_{n+1})^{k-1}[(F_n) + (F_{n+1})] \\ &= (F_{n+1})^{k-1}F_{n+2} \\ &= F_{nk+k+1}^{(k)} \end{aligned}$$

**Theorem 2.5.**

$$F_n \cdot L_n = F_{2n-1}^{(2)} + F_{2n+1}^{(2)}$$

**Proof.** We have  $L_n = F_{n-1} + F_{n+1}$  between Fibonacci numbers and Lucas numbers. Using by that equalities, we obtain,

$$\begin{aligned} F_n L_n &= F_n(F_{n-1} + F_{n+1}) \\ &= F_n F_{n-1} + F_n F_{n+1} \\ &= F_{2n-1}^{(2)} + F_{2n+1}^{(2)} \end{aligned}$$

**Theorem 2.6.**

$$L_n L_{n+1} - F_{n-2} F_{n+1} = F_{2n+1}^{(2)} + F_{2n-1}^{(2)} + F_{2n-3}^{(2)}$$

**Proof.** We have  $L_n = F_n + F_{n-2}$ , between Fibonacci numbers and Lucas numbers. Using by that equalities, we can write,

$$\begin{aligned} L_n L_{n+1} - F_{n-2} F_{n+1} &= (F_n + F_{n-2})(F_{n+1} + F_{n-1}) - F_{n-2} F_{n+1} \\ &= F_n F_{n+1} + F_n F_{n-1} + F_{n-2} F_{n+1} F_{n-2} F_{n+1} \\ &= F_n F_{n+1} + F_n F_{n-1} + F_{n-2} F_{n-1} \\ &= F_{2n+1}^{(2)} + F_{2n-1}^{(2)} + F_{2n-3}^{(2)} \end{aligned}$$

**Theorem 2.7.**  $L_n F_{n+1} = F_{2n-1}^{(2)} + F_{2n-3}^{(2)}$

**Proof.** We have  $L_n = F_n + F_{n-2}$ , between Fibonacci numbers and Lucas numbers. Using by that equalities, we can write,

$$\begin{aligned} L_n F_{n-1} &= (F_n + F_{n-2})F_{n-1} \\ &= F_n F_{n-1} + F_{n-2} F_{n-1} \\ &= F_{2n-1}^{(2)} + F_{2n-3}^{(2)} \end{aligned}$$

**Table 1** The period and  $k$ -Fibonacci sequences  $\{F_n^{(k,p)}\}$  for  $k = 2,3,4$  and  $p = 2,3,4,5$ .

$\{F_n^{(k,p)}\}$	$\{F_0^{(k,p)}, F_1^{(k,p)}, \dots, F_n^{(k,p)}, \dots\}$	Period
$\{F_n^{(2,2)}\}_{n=0}^8$	$\{1,1,1,0,0,0,1,1,1, \dots\}$	$h_{(2,2)} = 6$
$\{F_n^{(2,3)}\}_{n=0}^{10}$	$\{1,1,1,2,1,0,0,0,1,1,1, \dots\}$	$h_{(2,3)} = 8$
$\{F_n^{(2,4)}\}_{n=0}^{14}$	$\{1,1,1,2,0,2,1,3,1,0,0,0,1,1,1, \dots\}$	$h_{(2,4)} = 12$
$\{F_n^{(2,5)}\}_{n=0}^{22}$	$\{1,1,1,2,4,1,4,0,0,0,4,4,4,3,1,4,1,0,0,0,1,1,1, \dots\}$	$h_{(2,5)} = 20$
$\{F_n^{(3,2)}\}_{n=0}^{12}$	$\{1,1,1,1,0,0,0,0,0,1,1,1,1, \dots\}$	$h_{(3,2)} = 9$



$\{F_n^{(3,3)}\}_{n=0}^{27}$	{1,1,1,1,2,1,2,0,0,0,0,2,2,2,1,2,1,0,0,0,0,1,1,1,1, ... }	$h_{(3,3)} = 24$
$\{F_n^{(3,4)}\}_{n=0}^{21}$	{1,1,1,1,2,0,0,0,2,3,1,3,1,0,0,0,0,1,1,1,1, ... }	$h_{(3,4)} = 18$
$\{F_n^{(3,5)}\}_{n=0}^{64}$	{1,1,1,1,2,4,3,2,3,2,0,0,0,0,2,2,2,2,4,3,1,4,1,4,0,0,0,0,4,4,4,4, 3,1,2,3,2,3,0,0,0,0,0,3,3,3,3,1,2,4,1,4,1,0,0,0,0,1,1,1,1,1 ... }	$h_{(3,5)} = 60$
$\{F_n^{(4,2)}\}_{n=0}^{16}$	{1,1,1,1,1,0,0,0,0,0,0,1,1,1,1,1, ... }	$h_{(4,2)} = 12$
$\{F_n^{(4,3)}\}_{n=0}^{20}$	{1,1,1,1,1,2,1,2,1,0,0,0,0,0,0,1,1,1,1,1, ... }	$h_{(4,3)} = 16$
$\{F_n^{(4,4)}\}_{n=0}^{28}$	{1,1,1,1,1,2,0,0,0,0,0,2,1,3,1,3,1,0,0,0,0,0,0,1,1,1,1,1, ... }	$h_{(4,4)} = 24$
$\{F_n^{(4,5)}\}_{n=0}^{24}$	{1,1,1,1,1,2,4,3,1,4,1,4,1,0,0,0,0,0,1,1,1,1,1, ... }	$h_{(4,5)} = 20$

The researchs of Y. Taşyurdu, N. Çobanoğlu and Z. Dilmen were supported by Erzincan University Rectorship under “The Scientific and Research Project of Erzincan University”, project no. FEN-A-240215-0122.

### 3. References

Arı, K., 2015. On  $h(x)$ -Lucas Quaternion Polynomials. *Ars Combinatoria*, 121, 291-303.

Campbell, C. M., Campbell, P. P., 2005. The Fibonacci length of certain centropolyhedral groups. *Journal of Applied Mathematics and Computing* 19, No.1-2, 231-240.

Deveci, Ö., 2011. The Polytopic sequences in finite groups. *Discrete Dynamics in Nature and Society* Vol. 2011, 12 pages.

Deveci, Ö., 2015. The Pell-padovan sequences and The Jacobsthal-Padovan seunces in finite groups. *Util. Math.* 98, 257-270.

Grabowski, A., Wojtecki, P., 2004. Lucas numbers and generalized Fibonacci numbers. *Form. Math.* 12, 329–334.

İpek, A., Arı, K., 2014. On Hessenberg and pentadiagonal determinants related with Fibonacci and Fibonacci-like numbers. *Applied Mathematics and Computation*, 229 (25), 433-439.

İpek, A., Arı, K., 2015. On  $h(x)$ -Fibonacci octonion polynomials. *Alabama Journal of Mathematics*, 39.

Kılıç, E., Tasci, D., 2006. On the Generalized Order-k Fibonacci and Lucas Numbers. *Rocky Mountain Journal of Mathematics*, 36, 1915-1926.

- Knox, S. W., 1992. Fibonacci Sequences In Finite groups. Fibonacci Quart., 30 No:2, 116-120.
- Lee, G. Y., 2000.  $k$ -Lucas numbers and associated bipartite graph. Linear Algebra and its Applications 320, 51–61.
- Lü, K., Wang, J., 2007.  $k$ -step Fibonacci sequence modulo  $m$ . Util. Math. 71, 169-178.
- Mikkawy, M., Sogabe, T., 2010. A new family of  $k$ -Fibonacci numbers. Applied Mathematics and Computation 215, 4456–4461.
- Stanimirovic, P. S., Nikolov J., Stanimirovic, I., 2008. A generalization of Fibonacci and Lucas matrices. Discrete Applied Mathematics 156, 2606–2619.
- Taher, R. B., Rachidi, M., 2003. On the matrix power and exponential by the  $r$ -generalized Fibonacci sequences methods: the companion matrix case. Linear Algebra and its Applications 370, 341–353.
- Taşçı, D., Kılıç, E., 2004. On the order- $k$  generalized Lucas numbers. Applied Mathematics and Computation, 155, 637-641.
- Taşyurdu, Y., Gültekin, İ., 2013. On period of Fibonacci Sequences in Finite Rings with Identity of Order  $p^2$ . Journal of Mathematics and System Science, 3(7), 349-352.
- Taşyurdu, Y., Gültekin, İ., 2016. New Trends in Mathematical Sciences. The Period of Fibonacci Sequences Over The Finite Field of Order  $p^2$ , 4 (1), 248-255.
- Wall, D. D., 1960. Fibonacci Series Modulo  $m$ . The American Mathematical Monthly 67, 525-532.