



D  
Ü  
Z  
C  
E  
  
Ü  
N  
İ  
V  
E  
R  
S  
İ  
T  
E  
S  
İ

**ORMANCILIK  
DERGİSİ**

**JOURNAL OF FORESTRY**

|                          |                                   |
|--------------------------|-----------------------------------|
| Fakülte Adına Sahibi     | : Prof.Dr.Süleyman AKBULUT        |
| Baş Editör               | : Doç.Dr. Oktay YILDIZ            |
| Konu Editörü             | : Doç.Dr.Derya EŞEN               |
| Konu Editörü             | : Yrd.Doç.Dr.Derya SEVİM KORKUT   |
| Konu Editörü             | : Yrd.Doç.Dr.Aybike Ayfer KARADAĞ |
| Düzenleme-Kapak-Fotoğraf | : Arş.Gör.Bülent TOPRAK           |

---

Bilim Kurulu

---

**Düzce Üniversitesi**

**Orman Fakültesi**

Prof.Dr.Güniz AKINCI KESİM

Prof.Dr.Refik KARAGÜL

Prof.Dr.Süleyman AKBULUT

Doç.Dr.Oktay YILDIZ

Doç.Dr. Yalçın ÇÖPÜR

Doç.Dr.Mehmet AKGÜL

Doç.Dr.Haldun MÜDERRİSOĞLU

Doç.Dr.Derya EŞEN

Doç.Dr.Emrah ÇİÇEK

Doç.Dr.Cihat TAŞCIOĞLU

Doç.Dr.Cengiz GÜLER

Doç.Dr.Günay ÇAKIR

Yrd.Doç.Dr.Selim ŞEN

Yrd.Doç.Dr.Beşir YÜKSEL

Yrd.Doç.Dr.Zeki DEMİR

Yrd.Doç.Dr.Süleyman KORKUT

Yrd.Doç.Dr.Osman UZUN

Yrd.Doç.Dr.Güzide Pınar KÖYLÜ

Yrd.Doç.Dr.Derya SEVİM KORKUT

Yrd.Doç.Dr.Necmi AKSOY

Yrd.Doç.Dr.Nevzat ÇAKICIER

**İstanbul Üniversitesi Orman**

**Fakültesi**

Prof.Dr.Adnan UZUN

Prof.Dr.Ahmet KURTOĞLU

Prof.Dr.Tamer ÖYMEN

Prof.Dr.Kamil ŞENGÖNÜL

**Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi**

Prof. Dr. Şükran ŞAHİN

**Yazışma Adresi**

Düzce Üniversitesi

Orman Fakültesi

81620 Konuralp Yerleşkesi / Düzce-  
TÜRKİYE

**Corresponding Address**

Duzce University

Faculty of Forestry

81620 Konuralp Campus / Düzce-TURKEY

## İÇİNDEKİLER

|                                                                                                                                                                      |           |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Orman Yangın İşçilerinde İşçi Sağlığı ve Güvenlik Verilerinin Tespitine Yönelik Araştırma.....</b>                                                                | <b>1</b>  |
| Selçuk GÜMÜŞ ve Yılmaz TÜRK                                                                                                                                          |           |
| <b>Selülozik Biyoetanol Üretim Teknolojisi.....</b>                                                                                                                  | <b>10</b> |
| Yalçın ÇÖPÜR, Ayhan TOZLUOĞLU, Ömer ÖZYÜREK                                                                                                                          |           |
| <b>Karadeniz Bölgesi'nde Kestane Kanseri (<i>Cryphonectria parasitica</i> (murr) barr.)'ne Karşı<br/>Hipovirüent İzolatlarla Biyolojik Savaşım Çalışmaları. ....</b> | <b>38</b> |
| Seçil AKILLI, Çiğdem ULUBAŞ SERÇE, Kadri TOPÇU, Y. Zekai KATIRCIOĞLU, Salih MADEN                                                                                    |           |
| <b>Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü Öğrencilerinin Aldıkları Eğitim ve Mesleki<br/>Gelecekleri Hakkındaki Düşünceleri (Düzce Üniversitesi Örneği).....</b>         | <b>46</b> |
| Derya SEVİM KORKUT, Tarık GEDİK, Oğuzhan UZUN                                                                                                                        |           |
| <b>İşletmelerde Hatasızlığa Yönelim, Altı Sigma Ve Hata Türü Etkileri Analizi.....</b>                                                                               | <b>56</b> |
| Nafiz DURU, K. Hüseyin KOÇ, Yüksel TAŞ                                                                                                                               |           |
| <b>Doğa Verileri İle Deprem Etkileşiminin Değerlendirilmesi Üzerine Türkiye'den Örnekler.....</b>                                                                    | <b>68</b> |
| Güniz AKINCI KESİM                                                                                                                                                   |           |
| <b>Düzce Üniversitesi Ormanlık Dergisi Yayın İlkeleri.....</b>                                                                                                       | <b>81</b> |



## Orman Yangın İşçilerinde İşçi Sağlığı ve Güvenlik Verilerinin Tespitine Yönelik Araştırma

Selçuk GÜMÜŞ<sup>1</sup> ve Yılmaz TÜRK<sup>1</sup>

### Özet

Ülkemizde ormancılık operasyonları fidanlık işleri, ağaçlandırma ve erozyon kontrol işleri, odun hammaddesi üretim faaliyetleri, yol yapım faaliyetleri, orman koruma ile orman bakım işlerinden oluşmaktadır. Ormancılık operasyonlarında çalışan işçilerin iş veriminin iyileştirilebilmesi için mevcut durumun bilimsel veriler ve yöntemlerle tespit edilmesi gerekmektedir. Orman yangınlarıyla mücadele eden yangın işçileri çalışma koşulları, sağlık problemleri ve iş güvenliği bakımından tehlike içerisindedir. Yangınla mücadele çalışmalarında iş kazaları ve sağlık problemleri meydana gelmesine rağmen bu konular hakkında yeteri kadar istatistikî veriler bulunmamaktadır.

Bu çalışmada orman yangın işçilerinin çalışma koşulları incelenmiş ve anket çalışması yapılarak başlıca sağlık ve iş güvenliği sorunları tespit edilmiştir. Anketlerde orman yangın işçilerinin güvenlik ve işçi sağlığı, mesleki memnuniyet, birikimsel yorgunluk belirtileri hakkında bilgiler sorulmuştur. Anketler Adana, Edremit ve Saimbeyli Orman İşletme Müdürlükleri'ndeki toplam 114 yangın işçisi üzerinde yapılmıştır. Ayrıca elde edilen bazı verilere istatistik analizler uygulanmıştır.

Araştırma sonucunda; ankete katılan işçilerin tamamının erkek, büyük bir çoğunluğunun tecrübeli ve sağlıklı bireylerden oluştuğu tespit edilmiştir. Çalışmada, işçilerin ısıya dayanıklı koruyucu elbise ve ekipman kullanmadığı belirlenmiştir. Ayrıca işçilerin düşük bir oranı (%18,6) maaşlarından memnun olmadıklarını ve tamamına yakını işlerinin tehlikeli ve güç olduğunu belirtmişlerdir.

**Anahtar Kelimeler:** Orman yangın işçileri, İşçi sağlığı, İş güvenliği

## Investigation to Determine Data of Safety and Health Conditions of Forest Fire Workers

### Abstract

Forestry operations comprise nursery works, plantation and erosion control works, wood production activities, road building, forest conservation, and forest maintenance in Turkey. Present situation of forestry operations should be determined through scientific data and methods in order to improve job efficiency. Forest fire works are in danger in terms of work conditions, health problems, and safety of workers. There are currently no statistics on these topics despite the occurrence of accidents and health problems caused during fire fighting activities.

In this study, work conditions of forest fire workers were analyzed and primary health and safety problems were determined. We used a questionnaire that inquired about safety and health conditions, job satisfaction, and cumulative fatigue symptoms of forest fire workers. Total 114 forest fire workers were questioned in Adana, Edremit and Saimbeyli Forest Enterprises. Besides, statistical analysis was conducted on some of the data.

As a result of research, genders of workers questioned during the survey were male and it was found that most of workers were experienced with good health. In the study, it was also found that most of workers did not use personal protective clothes or equipment with heat resistance. Besides, small percentage of the workers (18,6%) indicated that they were not satisfied with their salary and almost all of the respondents specified that their jobs are dangerous and difficult.

**Key words:** Forest fire workers, Worker health, Work safety

### 1. Giriş

Orman işleri, ana yerleşim merkezlerinden uzakta, doğal koşullarda, sarp ve engebeli alanlarda, değişik iklim, bitki örtüsü ve arazi koşulları etkisinde gerçekleştirilmektedir. Orman işçiliği genel olarak ele alındığında yüksek enerji tüketimi, statik çalışma yoğunluğu, ağır

<sup>1</sup>K.T.Ü. Orman Fakültesi Orman Mühendisliği Bölümü, Trabzon

yüklerin kaldırılması ve taşınması, eğilme, diz çökme ve kalkma hareketlerinin sıkça tekrarlanması; ekstrem sıcaklık, yüksek rutubet, rüzgâr, kar ve yağmur gibi iklim faktörlerine açık olması; konaklama gerektirmesi ve gündüz saatlerinde çalışma zorunluluğu; gürültü, vibrasyon, gaz ve toz gibi olumsuz etkileri; merkezi sinir sistemi, iskelet sistemi, dolaşım sistemi gibi insanda ortaya çıkan sağlık sorunları ve vücudun potansiyel olarak bütün organlarına her an yönelik kaza riskleri, orman işlerini ağır işler arasına sokmaktadır (ÖİKR, 2001; Enez ve ark., 2003).

Orman işlerinde çalışılan objenin doğaya bağlı olması iş gücünün oraya taşınmasını zorunlu kılar. Açıkta, hava hallerinin etkisi altında, çoğunlukla dağlık bölgelerde görülen orman işleri ağır ve tehlikelidir (Acar ve Eker, 2001). “Uluslararası Çalışma Örgütü” nün yaptığı sınıflamaya göre orman işçiliği, ağır iş grubuna giren işlerdendir (ILO, 1998).

Ormanlık faaliyetleri arasında yer alan temel aktivitelerin (ağaçlandırma, üretim, transport, bakım, koruma vb.) yerine getirilmesi için gerekli olan yoğun işgücü orman işçileri tarafından karşılanmaktadır (Erdaş ve Acar, 1995). Değişiklik gösteren orman işleri, geniş bir alan üzerinde yapılması, değişen hava koşullarından etkilenmesi, çoğunlukla dağlık bölgelerde yürütülmesi ve iş kazası olasılığının çok yüksek olması nedeni ile oldukça ağır ve tehlikelidir (Acar ve Şentürk, 1999). Bu nedenle, orman işçilerinin fiziksel ve ruhsal yönden sağlıklı, teknik bakımdan donanımlı, zor doğa şartlarına karşı dayanıklı ve kuvvetli olması beklenmektedir (Özdönmez, 1997).

Akdeniz bölgesinin doğusundan Marmara Bölgesi’ne kadar uzanan sahil şeridi boyunca devam eden 12 milyon hektarlık orman alanı, birinci dereceden yangın tehdidi altındaki ormanlık alanlar olarak sınıflandırılmaktadır. 1990’ların başlarından günümüze kadar değişik büyüklüklerde olmak üzere yılda ortalama 2000 adet orman yangını meydana gelmiş ve bu yangınlarda yılda yaklaşık 13000 ha’lık orman alanı tahrip olmuştur. Orman yangınlarının kontrol altına alınması ve söndürülmesi çalışmalarında yaklaşık 12000 işçi ortalama 5 ay süre ile çalışmaktadır. Ormanlık faaliyetleri arasında en güç ve tehlikeli işlerin başında gelen orman yangınları ile mücadele çalışmaları, yangın işçilerinin çalışma koşulları, sağlığı ve güvenliği açısından önemli bir tehdit oluşturmaktadır (Akay ve Yenilmez, 2007).

Orman yangınlarının kontrol altına alınması ve söndürülmesi çalışmalarında görev alan işçiler niteliğine göre 3’e ayrılmaktadır; yangın gözetleme işçileri, yangın haberleşme işçileri ve yangın söndürme işçileri (Acar, 1999). Sabit veya gezici olarak görev yapan yangın söndürme işçileri 5 ayrı grupta toplanmaktadır; ilk müdahale ekibi, hazır kuvvet ekibi, gezici ekip, arazöz ekibi ve hava destek ekibi (Akay ve ark., 2008).

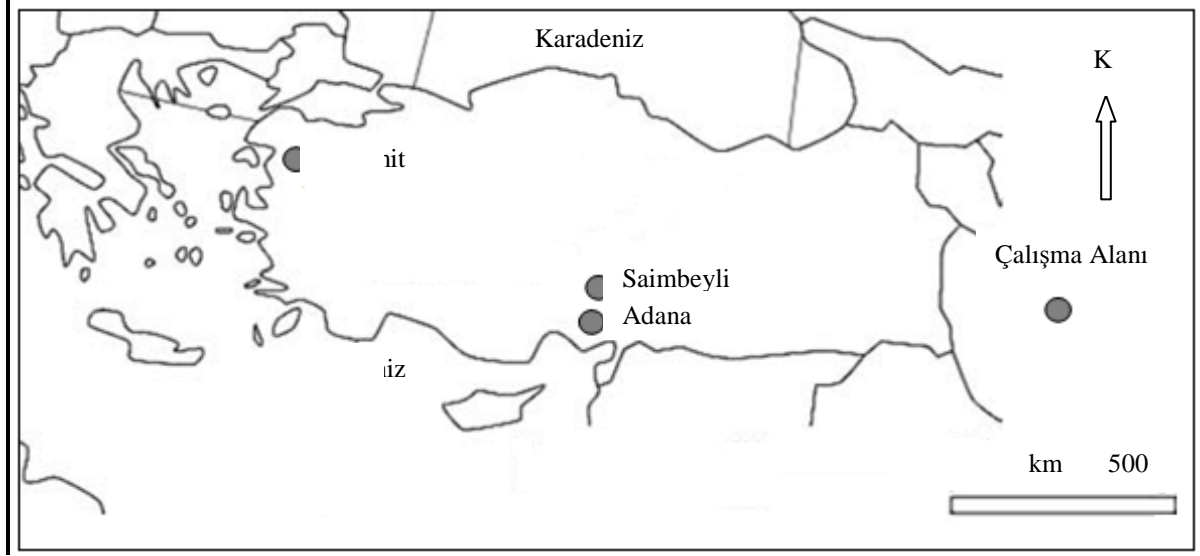
Orman yangınları ile etkin mücadele edilebilmesi ve çalışanların sağlık ve iş güvenliği koşullarının iyileştirilebilmesi için mevcut durumun bilimsel veriler ve yöntemlerle tespit edilmesi gerekmektedir. Bu çalışmada, orman yangınlarıyla mücadele eden işçilerin işçi sağlığı ve iş güvenliği durumları incelenmiştir. Belirlenen işçi sağlığı ve iş güvenliği ile ilgili sorunlara ilişkin çözüm önerileri sunulmaya çalışılmıştır.

## 2. Materyal ve Yöntem

Bu çalışmanın ana materyalini oluşturan anketler, Adana, Edremit ve Saimbeyli Orman İşletme Müdürlüklerinde, orman yangın işlerinde çalışan toplam 114 işçiye uygulanmıştır (Şekil 1). Bu yörede sıklıkla orman yangınları gerçekleşmektedir. Şekil 2’de orman yangın işçilerinin yangınla mücadele esnasındaki durumları görülmektedir.

Adana Orman İşletme Müdürlüğü’nün genel alanı 504762 hektardır. Bu genel alanın %7,4’üne karşılık gelen 37113 hektarlık araziye orman alanı oluşturmaktadır. Edremit Orman İşletme Müdürlüğü’nün genel alanı 177711 hektar olup, bu genel alanın %36,5’ine karşılık gelen 64878 hektarlık araziye orman alanı oluşturmaktadır. Saimbeyli Orman İşletme Müdürlüğü’nün genel alanı ise 193357 hektar olup, bu genel alanın %56,3’üne karşılık gelen 108860 hektarlık araziye ise orman alanı oluşturmaktadır. Adana, Edremit ve Saimbeyli

Orman İşletme Müdürlükleri bünyesinde faaliyet gösteren yangın gözetleme kulübeleri ve kuleleri bulunmaktadır. Ayrıca İşletme müdürlüklerinde yangına ilk müdahale ekipleri de görev yapmaktadır (OGM, 2010).



Şekil 1. Çalışmanın yapıldığı alanlar



Şekil 2. Orman yangın işçilerinin yangınla mücadelesinden bir görünüm

Adana, Edremit ve Saimbeyli Orman İşletme Müdürlüklerinde gerçekleştirilen bu çalışmada, orman yangın işçilerinin sağlık problemleri ve iş güvenliği sorunlarının belirlenmesi amacıyla, öncelikle işçilere yöneltilen anket soruları hazırlanmıştır. Hazırlanan anket formu etüt formu ve çalışma alanı tanıtım bilgileri, ergonomik kontrol listesi, orman işçilerinde işçi sağlığı, iş kazası riskleri ve iş güvenliği ana başlıkları altında toplam 78 adet sorudan oluşmaktadır. Anket soruları hazırlanırken, soruların açık ve net olmasına dikkat edilmiştir. Hazırlanan anketin doldurulması yüz yüze görüşme metoduyla doğrudan cevaplar alınarak yapılmıştır. Ayrıca çalışma sonucunda elde edilen verilerin istatistik analizleri SPSS 13.0 paket programı ile gerçekleştirilmiştir. İşçi sağlığını ve iş güvenliğini etkileyen faktörlerin tespit edilebilmesi amacıyla Kikare testi uygulanmıştır.

### 3. Bulgular ve Tartışma

#### 3.1. Orman Yangın İşçilerine Ait Genel Bilgilere İlişkin Bulgular ve Tartışma

Adana, Edremit ve Saimbeyli Orman İşletme Müdürlüklerinde görev yapan orman yangın işçilerinin işçi sağlığı ve iş güvenliği sorunlarının tespit edilmesi amacıyla, toplam 114 işçi ile anket çalışmaları yapılmış ve yapılan anketlerden elde edilen veriler değerlendirilmiştir. İşçilerin sosyal durumlarına ve bazı alışkanlıklarına ilişkin genel bilgiler Çizelge 1’de verilmiştir. Anket sonuçları sayısal olarak belirtilmiş daha sonra % olarak açıklanmıştır.

Yapılan bu çalışmada Çizelge 1 incelendiğinde, anketin uygulandığı 114 orman yangın işçisinin tamamının erkek olduğu, 18-30 yaş grubu %8,1, 31-40 yaş grubu %43,3, 41-50 yaş grubu %37,8 ve yaşı 50’den büyük olanların ise %10,8 olduğu tespit edilmiş olup, yangın işçilerinin çoğunluğunun orta yaşlı işçilerden oluştuğu belirlenmiştir. Bu çalışmada olduğu gibi yapılan başka bir çalışmada da yangın işçilerinin büyük çoğunluğunun orta yaşlı işçilerden oluştuğu tespit edilmiştir (Akay ve Yenilmez, 2007). Görüşme yapılan orman yangın işçilerinin %89,2’si evlidir. En fazla çocuk oranının %78,3’ ile 1-3 çocuk sayısı grubunda olduğu görülmektedir.

Çizelge 1. İşçilere ait genel bilgiler

| Gruplar                | Kategori         | İşçi Sayı              | %    |       |
|------------------------|------------------|------------------------|------|-------|
| Cinsiyet               | Bayan            | 0                      | 0    |       |
|                        | Erkek            | 114                    | 100  |       |
| Medeni Durum           | Evli             | 102                    | 89,2 |       |
|                        | Bekâr            | 9                      | 8,1  |       |
|                        | Diğer            | 3                      | 2,7  |       |
| Yaş Grupları           | 18-30            | 9                      | 8,1  |       |
|                        | 31-40            | 49                     | 43,3 |       |
|                        | 41-50            | 43                     | 37,8 |       |
|                        | 50<              | 13                     | 10,8 |       |
| Çocuk Sahipliği        | 1-3              | 89                     | 78,3 |       |
|                        | 4-5              | 13                     | 10,8 |       |
|                        | 5<               | 1                      | 1,4  |       |
|                        | Yok              | 11                     | 9,5  |       |
| Eğitim Durumu          | Okur-Yazar Değil | 0                      | 0    |       |
|                        | İlkokul          | 46                     | 40,5 |       |
|                        | Ortaokul         | 39                     | 33,8 |       |
|                        | Lise             | 29                     | 25,7 |       |
| Çalışma Süreleri (Yıl) | =<10             | 34                     | 29,7 |       |
|                        | >10              | 80                     | 70,3 |       |
| Alışkanlıklar          | Çay              | İçmeyenler             | 3    | 2,7   |
|                        |                  | Az içenler             | 73   | 63,5  |
|                        |                  | Çok sık içenler        | 38   | 33,8  |
|                        | Sigara           | Kullanmayanlar         | 37   | 32,4  |
|                        |                  | Kullananlar            | 77   | 67,6  |
|                        | Alkol            | Kullanmayanlar         | 82   | 71,63 |
|                        |                  | Bağımlı                | 0    | 0     |
|                        |                  | Bazı zaman kullananlar | 32   | 28,4  |

İşçilerin eğitim durumları incelendiğinde %40,5’inin ilkokul, %33,8’inin ortaokul ve %25,7’sinin ise lise mezunu olduğu belirlenmiştir. Ortaokul ve lise mezunu olan işçilerin 0-

10 yıl çalışanların içerisinde yer alan genç işçilerden oluştuğu tespit edilmiştir. Bu durum orman yangın işçilerinin eğitim seviyelerinin düşük olduğunu göstermektedir.

Çizelge 1 incelendiğinde, 0-10 yıldır çalışanların % 29,7 ve 10 yıldan fazla çalışanların ise %70,3 oranında olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, üretim işçilerinin çoğunluğunun 10 yıldan fazla çalışan tecrübeli işçilerden oluştuğu görülmektedir.

Ankete katılan orman yangın işçilerinin %67,6'sı sigara kullanmaktadır. Alkol kullanmayanların oranı %71,63 olup, bazı zaman kullananların oranı %28,4 olarak tespit edilmiştir. Çalışanların %97,3'ünde çay alışkanlığı vardır.

### 3.2. Orman Yangın İşçilerinin Sağlık, Güvenlik ve Çalışma Koşullarına İlişkin Bulgular ve Tartışma

Anket sonucunda elde edilen verilerle yardımıyla, orman yangın işçilerine ilişkin sağlık, güvenlik ve çalışma koşullarına ait bilgiler aşağıda açıklanmıştır. Orman yangın işçilerinin sağlık durumlarını tespiti yönelik elde edilen veriler Çizelge 2'de incelendiğinde işçilerden %14,9'ununda sağlık problemi olduğu tespit edilmiş olup, bu sağlık probleminin ise büyük bir oranının yorgunluk ve halsizlik olduğu belirlenmiştir. Bu oran işçilerin büyük çoğunun sağlıklı olduğunu göstermektedir. Çalışma süresince hastalığa maruz kalanların oranı %33,8 olarak bulunmuştur. Sağlık probleminin işe ara vermeye neden olup olmadığına işçilerin %32,4'ü evet cevabını vermiştir. Ağır yük kaldırma nedeniyle, yangın işçilerinin %33,8'i bel ağrılarında şikâyetçi olduğu, %24,3'ü çalışmaktan dolayı cildinde rahatsızlık geçirdiği, %1,4'ü ise varis veya damar rahatsızlığına sahip olduğu belirlenmiştir. İşçilerden %10,8'inin hareketlerini kısıtlayıcı rahatsızlığa sahip olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca orman yangın işçilerinin %8,1'inin duyu organı, %6,8'i ortopedik ve %20,3'ünün ise psikolojik rahatsızlıklara sahip olduğu belirlenmiştir.

**Çizelge 2.** Orman yangın işçilerinin sağlık problemlerinin işçi sayısına ve yüzdeliğe göre dağılımı

| Gruplar                                                             | Kategori | İşçi Sayı | %    |
|---------------------------------------------------------------------|----------|-----------|------|
| Herhangi bir sağlık probleminiz var mı?                             | Evet     | 17        | 14,9 |
|                                                                     | Hayır    | 97        | 85,1 |
| Çalışma süresince herhangi bir hastalığa maruz kaldınız mı?         | Evet     | 39        | 33,8 |
|                                                                     | Hayır    | 75        | 66,2 |
| Sağlık probleminizden dolayı işe ara verdiğiniz hatırlıyor musunuz? | Evet     | 37        | 32,4 |
|                                                                     | Hayır    | 77        | 67,6 |
| Bel ağrılarında şikâyetçi misiniz?                                  | Evet     | 39        | 33,8 |
|                                                                     | Hayır    | 75        | 66,2 |
| Cildinizde çalışmaktan dolayı rahatsızlıklar var mı?                | Evet     | 28        | 24,3 |
|                                                                     | Hayır    | 86        | 75,7 |
| Hareketlerinizi kısıtlayıcı bir rahatsızlığınız var mı?             | Evet     | 12        | 10,8 |
|                                                                     | Hayır    | 102       | 89,2 |
| Duyu organlarınızda bir rahatsızlık var mı?                         | Evet     | 9         | 8,1  |
|                                                                     | Hayır    | 105       | 91,9 |
| Ortopedik rahatsızlığınız var mı?                                   | Evet     | 8         | 6,8  |
|                                                                     | Hayır    | 106       | 93,2 |
| Psikolojik rahatsızlık hissediyor musunuz?                          | Evet     | 23        | 20,3 |
|                                                                     | Hayır    | 91        | 79,7 |

Akay ve Yenilmez (2007)'in yapmış oldukları çalışmada, orman yangın işçilerinde psikolojik rahatsızlık olarak, %15 dalgınlık, %81 sinirlilik, %55 baş ağrısı ve %10



uykusuzluk olduğu belirlenmiş olup, bu rahatsızlıkların nedeninin aileden uzak olmadan ve yangın stresinden kaynaklandığı işçiler tarafından belirtildiği ifade edilmiştir. Ayrıca çalışmada orman yangın işçileri önüne geçilemeyen büyük yangınlarda günlerce ormanda kalmakta, bu durumun onlarda psikolojik rahatsızlıklar oluşturduğunu belirtmişlerdir.

Çizelge 3 incelendiğinde, orman yangın işçilerine “Koruma faaliyeti sırasında herhangi bir iş kazası yaşadınız mı?” sorusu sorulmuş %14,9’u evet demiştir. İş kazası geçiren işçilerin %63,4’ünde vücutta tahribat yaptığı organın el ve el parmaklarının olduğu bunu %36,4 oranı ile ayak ve ayak parmaklarının izlediği belirlenmiştir. Kaza sonucu vücutta bıraktığı yaralanmaların %44,5’ini yanık, %22,2’sini zehirlenme ve %10,3’ünü ezilme-burkulma oluşturduğu belirlenmiştir.

İşçilerin %95,9’u iş sırasında işçi kıyafeti, %1,4’ü günlük kıyafet ve %2,7’si özel kıyafet giydikleri tespit edilmiştir. İşçilere “İş esnasında gözlük ya da başka bir koruyucu ekipman kullanıyor musunuz?” sorusuna % 98,6’sı evet demiştir. Fakat kıyafetler ve kullanılan ekipmanların çoğu ısıya dayanıklı değildir. Buradan da anlaşılacağı üzere işçilerin tamamına yakını yangından koruyucu elbise giymemekte ve koruyucu ekipman kullanmamaktadır. Orman Genel Müdürlüğü orman yangın işçilerine her yıl yangında kullanılmak üzere 1 er adet gömlek, pantolon, yangıncı botu, şapka, tişört ve kemer dağıtmaktadır. Fakat dağıtılan bu giysiler yangına karşı koruyucu özellikte değil, aksine kolay bir şekilde yanabilen niteliktedir. Ayrıca, yangın işçilerinin her birine maske, gözlük ve eldiven dağıtılmaktadır, ancak bunlar da yangınlara karşı koruyucu özellik göstermemektedir. Maskeler işçileri sadece tozdan koruyan bez maske şeklinde olup kolayca yanabilmektedir.

**Çizelge 3.** Orman yangın işçilerine iş güvenliği konularında sorulan sorulara verilen cevapların işçi sayısına ve yüzdeliğe göre dağılımı

| Gruplar                                                                    | Kategori        | İşçi Sayı | %    |
|----------------------------------------------------------------------------|-----------------|-----------|------|
| Koruma faaliyeti sırasında herhangi bir iş kazası yaşadınız mı?            | Evet            | 17        | 14,9 |
|                                                                            | Hayır           | 97        | 85,1 |
| Kazanın vücutta tahribat yaptığı organlar                                  | Ayak-Parmak     | 6         | 36,4 |
|                                                                            | El-Parmak       | 9         | 63,6 |
|                                                                            | Bel-Boyun       | 0         | 0    |
|                                                                            | Kulak           | 0         | 0    |
| Kazanın vücutta bıraktığı yaralanmalar                                     | Yanık           | 6         | 44,5 |
|                                                                            | Zehirlenme      | 3         | 22,2 |
|                                                                            | Ezilme-Burkulma | 4         | 27,3 |
|                                                                            | Kırılma         | 0         | 0    |
| İş sırasında giyim tarzınız nasıldır?                                      | İşçi kıyafeti   | 109       | 95,9 |
|                                                                            | Günlük kıyafet  | 2         | 1,4  |
|                                                                            | Özel kıyafet    | 3         | 2,7  |
|                                                                            | Diğer           | 0         | 0    |
| İş esnasında gözlük ya da başka bir koruyucu ekipman kullanılıyor musunuz? | Evet            | 112       | 98,6 |
|                                                                            | Hayır           | 2         | 1,4  |
| Mesleki eğitim aldınız mı?                                                 | Evet            | 114       | 100  |
|                                                                            | Hayır           | 0         | 0    |
| Herhangi bir sigortanız var mı?                                            | Evet            | 112       | 98,6 |
|                                                                            | Hayır           | 2         | 1,4  |
| Herhangi bir işçi sendikasına kayıtlı mısınız?                             | Evet            | 68        | 59,5 |
|                                                                            | Hayır           | 46        | 40,5 |
| Sizce işiniz ağır mı? (güç mü?)                                            | Evet            | 114       | 100  |
|                                                                            | Hayır           | 0         | 0    |

Akay ve Yenilmez (2007)'in yapmış oldukları çalışmada, koruyucu ekipmanlar içerisinde sadece kasklar tam bir koruma sağlamakta olduğunu, bunu da işçilerden sadece % 44'ü tarafından kullanıldığını tespit etmişlerdir. Ayrıca yangınlara müdahale sırasında işçilerin yanında bulundurması gereken en önemli ekipmanlardan birisinin koruyucu battaniye olduğunu, bu battaniyeler işçileri yangının içerisinde kalmaları durumunda koruyabildiğini belirtmişlerdir. Çalışmada, işçilerin sadece % 42'si koruyucu battaniye kullandığı, bu orandan da anlaşılacağı üzere orman yangın işçileri büyük tehlikelerle karşı karşıya kaldığı ifade edilmiştir.

Yangın işçilerinin tamamının orman yangınlarıyla mücadele işleri üzerine mesleki eğitim aldığı belirlenmiştir. Ancak bunun yangınlara müdahale konusunda verilen seminerlerin artırılmasıyla desteklenmesi gerekmektedir. Bu durum işçi sağlığının ve iş güvenliğinin olumlu yönde etkilenmesine ve kaza riskinin azalmasına neden olabilmektedir.

Çalışanların tamamına yakını (%98,6) bir sosyal güvenceye sahip olduğunu belirtmiştir. Bununla birlikte işçilerin %59,5'i işçi sendikasına kayıtlıdır. Orman yangın işçilerinin tamamı kendi işlerini ağır iş olarak değerlendirmiştir. "Uluslararası Çalışma Örgütü" nün yaptığı sınıflamaya göre orman işçiliği, ağır iş grubuna giren işlerdendir (ILO, 1998). Bu çalışmada elde edilen bulgular ILO tarafından yapılan değerlendirmeyi doğrulamaktadır. Ayrıca orman yangın işçilerinin tamamı mesleğinden memnun olduğu, %18,6'sının gelirlerinden memnun olmadığı belirlenmiş olup, %27 oranıyla başka bir işle uğraştığı tespit edilmiştir.

İşçi sağlığı ve iş güvenliğini etkileyen faktörlerin tespit edilebilmesi amacıyla Kikare testi uygulanmıştır. Elde edilen bulgular Çizelge 4'te verilmiştir. Buna göre; psikolojik rahatsızlık hissedenlerle evlilik durumu arasında %95 güven düzeyinde anlamlı bir ilişki olduğu tespit edilmiştir. Evli olmayan işçilerin herhangi bir psikolojik rahatsızlığa sahip olmadıkları belirlenmiştir. Bunun nedeni işçilerin sorumlu ve bakmakla yükümlü olduğu kişi sayının az olmasından ya da olmamasından, yaşlarının genç olması ve böylece iş gücü yetersizliği gibi bir sorunla karşı karşıya kalmamasından dolayı olabilir.

**Çizelge 4.** Gruplara göre Kikare testi sonuçları

| <b>Gruplar</b>                                        | <b>Kikare Değeri</b> | <b>P</b>     |
|-------------------------------------------------------|----------------------|--------------|
| İş kazası geçirme durumu – Tecrübe durumu             | -                    | 0.321        |
| İş kazası geçirme durumu – İşçilerin giyim tarzları   | 1.500                | 0.472        |
| İş kazası geçirme durumu - İşçilerin eğitim durumları | 3.373                | 0.185        |
| İş kazası geçirme durumu – Yaş grubu                  | 7.147                | 0.067        |
| İş kazası geçirme durumu –Psikolojik rahatsızlık      | -                    | 0.719        |
| Psikolojik rahatsızlık – Sigara alışkanlığı           | 1.086                | 0.297        |
| Psikolojik rahatsızlık – Alkol alışkanlığı            | -                    | 0.338        |
| Psikolojik rahatsızlık – Evlilik durumu               | 7.364                | <u>0.025</u> |
| Psikolojik rahatsızlık – Gelir durumu memnuniyeti     | -                    | 0.750        |
| Psikolojik rahatsızlık – Çocuk sayısı                 | 2.395                | 0.302        |
| Psikolojik rahatsızlık – Sosyal güvence               | 1.000                | 0.770        |
| Psikolojik rahatsızlık – Yaş grubu                    | 1.345                | 0.719        |
| Psikolojik rahatsızlık – Tecrübe durumu               | 0.764                | 0.382        |

İşçilerin giyim tarzlarıyla iş kazası geçiren işçiler arasında, tecrübe durumuyla iş kazası geçiren işçiler arasında ve yaş grubuyla iş kazası geçiren işçiler arasında %95 güven düzeyinde anlamlı bir ilişki olmadığı belirlenmiştir. Ayrıca psikolojik rahatsızlık hissedenerle, gelir durumu memnuniyeti, çocuk sayısı, sosyal güvence, yaş grubu, tecrübe durumu, iş kazası, sigara ve alkol alışkanlığı arasında %95 güven düzeyinde anlamlı bir ilişki olmadığı belirlenmiştir.

#### **4. Sonuç**

Adana, Edremit ve Saimbeyli Orman İşletme Müdürlüklerinde orman yangınlarının kontrolünde ve söndürülmesinde görev yapan orman yangın işçilerinin çalışma koşulları incelenmiş ve anket çalışması yapılarak başlıca sağlık ve iş güvenliği sorunları tespit edilmiştir. Bu çalışma sonucunda, anketin uygulandığı 114 orman yangın işçisinin tamamının erkek olduğu, işçilerin çoğunluğunun orta yaşlı işçilerden oluştuğu, eğitim seviyelerinin düşük olduğu, işçilerin çoğunluğunun 10 yıldan fazla çalışan tecrübeli işçilerden oluştuğu tespit edilmiştir. Yangın işçilerinin çok az bir bölümü (%14,9) sağlık problemi yaşadığı, sağlık problemin büyük bir oranının yorgunluk ve halsizlik olduğu, çalışma süresince hastalığa maruz kalanların oranının %38,8 olduğu belirlenmiştir. Buradan da anlaşılacağı üzere işçilerin çoğunluğunun sağlıklı bireylerden oluştuğu görülmüştür. İşçi sağlığı açısından en önemli rahatsızlıkların bel ağrıları, psikolojik rahatsızlık ve cilt rahatsızlığı olduğu belirlenmiştir. Bununla beraber orman yangın işçilerinin %14,9'u koruma faaliyeti sırasında iş kazası geçirdiği, iş kazası geçiren işçilerin %63,4'ünde vücutta tahribat yaptığı organın el ve el parmaklarının olduğu bunu %36,4 oranıyla ayak ve ayak parmaklarının izlediği, kaza sonucu yaralanmaların %44,5'ini yanık, %22,2'sini zehirlenme oluşturduğu, işçilerin tamamına yakını işçi kıyafeti kullandığı, ancak bunların yangına karşı koruyucu özellikte olmadığı, yangınlara müdahale konusunda verilen seminerlerin arttırılması gerektiği ve işçilerin tamamına yakınının sosyal güvenceye sahip oldukları tespit edilmiştir. Ayrıca Kikere testi sonucunda psikolojik rahatsızlık hissedenerle evlilik durumu arasında %95 güven düzeyinde anlamlı bir ilişki olduğu sonucuna varılmıştır.

Çalışma sonuçlarında iş kazası geçirenlerle mesleki eğitim alanlar arasında her hangi bir ilişki çıkmamasına rağmen, tehlikeli ve ağır iş grubuna giren orman yangınlarıyla mücadele işlerinde, eğitilmiş, sağlıklı, bedensel ve zihinsel açıdan güçlü ve genç bireylerin çalıştırılması işçilerin yaralanma, iş kazası riskini azaltacak ve iş verimini arttıracaktır. Yangın işçilerine işçi sağlığı ve iş güvenliği konusunda verilen teorik eğitimle beraber uygulamalı eğitim de verilmelidir.

Orman yangın işçilerinin büyük bir çoğunluğunda ısıya dayanıklı koruyucu elbise ve ekipman bulunmamaktadır. Bu nedenle orman yangınlarıyla mücadele işlerinde çalışan işçilere yangından korumak amacıyla uygun ve kullanılabilir koruyucu elbise ve ekipman temin edilmeli ve bunların kullanılması teşvik edilmeli ve gerekirse denetlenmelidir.

Yangınla mücadele çalışmaları sırasında yaralanmalar, yanıklar ve diğer acil durumlara karşılık tam donanımlı bir ilk yardım çantası bulundurulmalı hatta mobil sağlık birimleri oluşturulmalıdır. İşçilerin ödenekleri arttırılarak gelir düzeyleri ve hayat standartları yükseltilmelidir. İşçilerinin barındıkları binalarda ortam temiz ve rahat olmalıdır. İş yerlerinde kitap, gazete, radyo ve televizyon bulundurmak, işçilerin sigara ve alkol alışkanlığını bırakmada bir çözüm olabileceği düşünülmektedir.

#### **Teşekkür**

Anket çalışmalarında yardımlarını aldığımız Orman Mühendisleri Batuhan ŞAHİN'e, Necip ALTUNSAYAR'a Faik TURAN'a ve Mustafa KIRMIZIGÜL'e teşekkür ederiz.

## **Kaynaklar**

- Acar, H.H. ve Şentürk N., 1999. Artvin Yöresi'ndeki Orman İşçilerinde İşçi Sağlığı Üzerine Bir Araştırma. İÜ Orman Fakültesi Dergisi Seri A. Cilt 39. Sayı 1. s. 25-39.
- Acar, H.H., 1999. Orman İşletmelerinde Yangın İşçiliği. 7. Ergonomi Kongresi. Milli Prodüktivite Merkezi Yayını. s. 12-22. Adana.
- Acar, H.H. ve Eker, M., 2001. Orman Fidanlık ve Depo İşçilerinde Ergonomik Açıdan Antropometrik Özelliklerin Araştırılması, Dokuz Eylül Üniversitesi, 8. Ergonomi Kongresi, 25-26 Ekim 2001, İzmir, Bildiriler Kitabı, 229-238.
- Akay, A.E. ve Yenilmez, N., 2007. Orman Yangınları ile Mücadelede Çalışan İşçilerin Sağlık ve İş Güvenliği Sorunlarının İncelenmesi: Alanya Orman İşletme Müdürlüğü Örneği. 13. Ulusal Ergonomi Kongresi. 6-8 Aralık. Kayseri.
- Akay, A.E., Acar, H. and Sessions, J., 2008. An Analysis of Utilizing Helicopter Logging in Turkish Forestry. Journal of Applied Sciences.
- Enez, K., Acar, H.H. and Eker, M., 2003. Legal And Technical Perspective on Forest Harvesting Workmanship in Turkish Forestry, XXXI. International Forestry Students Symposium, 1-15 September 2003, Istanbul, 126-133.
- Erdaş, O. ve Acar, HH., 1995. Doğu Karadeniz Bölgesi Orman İşçilerinde İşçi Sağlığı. 5. Ergonomi Kongresi. Milli Prodüktivite Merkezi Yayını. s. 312-332, İstanbul.
- <http://www.ogm.gov.tr> (2010), Orman Genel Müdürlüğü, OGM.
- ILO, 1998. Safety and Health in Forestry Work, ILO Publications, CH-1211 Geneva 22, Switzerland.
- ÖĞKR, 2001, Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı, Özel İhtisas Komisyon Raporu, Ankara
- Özdönmez, M., 1997. Türkiye'de Orman İşçiliği ve Sorunları. İÜ Orman Fakültesi Yayınları. Yayın No: 229. 64 s. İstanbul.



## Selülozik Biyoetanol Üretim Teknolojisi

Yalçın ÇÖPÜR<sup>1</sup>, Ayhan TOZLUOĞLU<sup>1</sup>, Ömer ÖZYÜREK<sup>1</sup>

### Özet

Nüfusun hızla artmasına paralel olarak enerji tüketiminin de hızla artması, enerji kaynaklarının fosil kökenli ve yakın gelecekte tükenme tehlikesi ile karşı karşıya olması, öte yandan enerji fiyatlarının hızla yükselmesi ve çevresel problemlerle karşılaşması insanları yenilenebilir temiz enerji kaynaklarına yöneltmiştir. Fosil kökenli yakıt kaynaklarının yerine günümüzde sağladığı avantajlarıyla özellikle enerji sektöründe kullanım alanı bulan biyoetanol üretiminin odun biyokütlesi yerine farklı biyokütle kaynaklarından sağlanabiliyor olması özellikle bu sektör ve ülke ekonomisi için çok önem arz etmektedir. Yıllık bitki ve tarımsal atıkların bu sektörde değerlendirilmesiyle hem ormanlara olan talebin azalacağı hem de var olan potansiyelleri ile orman endüstrisinde ve enerji üretimi amaçlı kullanım alanlarında önemli bir boşluğu dolduracakları kesindir.

**Anahtar Kelimeler:** Ön muamele, hidroliz, fermentasyon, biyoyakıt.

## Cellulosic Bioethanol Production Technology

### Abstract

Increase in consumption of energy paralel to increased population, environmental issues and danger of depletion of present energy sources forces countries to renewable resources to produce clean energy. Instead of fossil based energy sources, renewable bioresources especially agricultural wastes to produce bioethanol is very important for the energy sector and country's economy. Using annual plants and agricultural wastes in energy sector expected to diminish the pressure on natural forests and fill the raw material gap in production.

**Key Words:** Pretreatment, hydrolysis, fermentation, biofuel.

### 1. Giriş

Dünya nüfusunun hızla artmasına paralel olarak aşırı kullanma sonucu fosil kökenli kömür, doğalgaz, petrol vb. diğer bir deyimle yenilenemeyen enerji kaynağı rezervleri önümüzdeki yıllarda tükenmekle karşı karşıya kalacaktır. Diğer yandan enerji kullanan endüstrilerin sürekli gelişmesi enerji gereksinimini artırmaktadır. Halihazırda üretilen enerji ile tüketimi arasındaki farkı kapatmak için yeni ve yenilenebilir enerji kaynaklarına olan ilgi artmıştır.

Uluslararası Enerji Ajansı tarafından yapılan çalışmaya göre, 2000- 2030 yılları arasında fosil enerji kaynaklarının payının % 85, petrol ve doğalgazın payının %60 seviyelerinde, yenilenebilir enerji payının ise % 15'e yükseleceği varsayılmaktadır. Yenilenebilir enerjinin payı, kaynakları zengin ve hızla programlarını uygulamaya alan ülkelerde daha yüksek oranlara ulaşabilir. 2004 yılında ülkemizde genel enerji tüketimi 87.8 MTEP (Milyon Ton Esdeger Petrol), yerli birincil enerji kaynakları üretimi 25.2 MTEP şeklinde gerçekleşmiş ve enerji talebinin %72'si ithalat ile sağlanmıştır. Genel enerji tüketimi payları; %38 petrol, %27 kömür, %23 doğalgaz ve %12 yenilenebilir enerji kaynaklarıdır. Yenilenebilir enerji kaynakları kullanımının %57.2'sini biyokütle, % 30.2'sini hidrolik ve %12'sini diğer yenilenebilir (rüzgar, güneş, jeotermal) kaynaklar oluşturmaktadır. Enerji talep artışının, herhangi bir tedbir alınmadığı takdirde, 2020 yılında ancak %22'sinin yerli üretimle karşılanabileceği beklenmekte ve arz-talep projeksiyonları, artan enerji talebimizin mevcut-bilinen yerli kaynaklarımız ile karşılanamayacağını ortaya koymaktadır (Karaosmanoğlu, 2006).

<sup>1</sup> Düzce Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman End. Müh. Bölümü Konuralp Yerleşkesi, 81620 DÜZCE

Motor biyoyakıtları otomotiv endüstrisi için büyük önem taşımaktadır. Motor biyoyakıtları Birinci Nesil Biyoyakıtlar ve İkinci Nesil Biyoyakıtlar olarak iki sınıfa ayrılmaktadır.

İçten yanmalı motorlarda mevcut tasarımlarında değişiklik gerekmeksizin AB uygulamalarında 2005–2010 döneminde uygulamada olacak Birinci Nesil Biyoyakıtlar biyodizel, biyoetanol olarak belirlenmiştir. Biyoyakıt endüstriyel üretiminin gelişiminin ardından, 2010 sonrasında, esnek yakıtlı tasıtlarda kullanılacak, İkinci Nesil Biyoyakıtlar uygulamada olacaktır. İkinci nesil biyoyakıtlar: bitkisel yağlar ile biyokütleden termokimyasal ve biyokimyasal dönüşüm teknolojileri ile elde edilen; biyometanol, biyoetanol, biyobütanol, biyodimetiler, biyometan, biyohidrojen ve biyokütleden sıvı yakıt teknolojisi ürünleri (BTL Ürünleri: Fischer-Tropsch Motorini ve Fischer-Tropsch Benzini) olup, bu ürünlerin giderek artan oranlarda, zorunlu kullanımları ile akaryakıt sektöründe yer bulması beklenmektedir. AB Yeşil Kitap Yönergesi kapsamında 2020 yılında kara taşımacılığında %20 oranında alternatif motor yakıtlarının kullanımı hedefi strateji olarak verilmektedir. 2003/30/EC nolu ve 8 Mayıs 2003 tarihli “Tasıtlarda Kullanılacak Biyoyakıtlar ve Diğer Yenilenebilir Yakıtlar” adlı AB yönergesinde ise, alternatif motor yakıtlarının 31 Aralık 2005’ten itibaren en az %2 oranında, 31 Aralık 2010 tarihinden sonra ise, en az %5.75 oranında pazarda bulunması gerekliliği belirtilmektedir. Ülkeler ulusal planlamalarındaki hedeflerini de dikkate alarak uygulamalarını birinci nesil biyoyakıtlar için sürdürmektedirler (Karaosmanoğlu, 2006).

Biyoetanol sakkaroz içeren (şeker pancarı, şeker kamışı, sorgum vb.), nişastalı materyaller (buğday, mısır, arpa vb.) veya lignoselülozik biyokütlelerden (odun, saman, ot vb) elde edilen bir üründür. Benzin ile kullanıldığında oktan sayısını artırır, CO ve hidrokarbonlar gibi zararlı gazların emisyonlarını azaltarak tam yanma sağlar. Biyoetanol buhar ile etilenin kimyasal reaksiyonu sonucu üretilmesine rağmen genellikle şekerin fermentasyonu ile üretilir (Güler ve Akgül, 2001; Anonim, 2008a). Etanol veya etil alkol temiz renksiz bir sıvı olup, biyolojik olarak bozunur ve çevre açısından bir tehdit oluşturmaz. Etanol yüksek oktanlı bir yakıt olup, petrolde oktan artırıcı olarak kullanılır. Etanol ile benzin karıştırılarak emisyonu azaltmak ve tam bir yanma sağlamak mümkündür. Yaygın olarak karıştırılan kullanma oranları %10 etanol ve %90 petrol şeklindedir (Ballesteros ve ark., 1991).

Kullanılan enerji kaynaklarının yenilenebilir olması yanında çevre dostu olmaları da oldukça önemlidir. Bitkisel kökenli hammaddelerden elde edilen ürünler, petrol kökenli ürünlere göre kullanım sonrası atılan ürünlerinin kısa sürede biyobozunur olabilmesiyle çevreye zarar vermemektedir. Ancak petrol ürünleri yüzlerce yıl bozunmadan kalarak çevreyi tehdit etmektedir. Fosil yakıtlarının enerji amaçlı kullanılması sonucu, atmosferdeki CO<sub>2</sub> emisyon miktarı 150 yıl içinde büyük oranda artarak 280 ppm’den 365 ppm’e çıkmıştır. Atmosferdeki CO<sub>2</sub> emisyonunun global olarak sınırlandırılması Kyoto protokolü ile kabul edilmiş ve Avrupa Birliği ülkeleri enerji tüketimini daha çok yenilenebilir doğal kaynaklardan üretmeyi hedeflemişlerdir (Galbe ve Zacchi, 2002). Türkiye bu yönergeye uyacağını, Avrupa Birliği Müktesebatının Üstlenilmesine ilişkin Türkiye Ulusal Programı’nda beyan etmiştir. Ulusal Program’ın uygulanması için yasal çalışmalar yürütülmüş ve halen sürdürülmektedir. “Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının (YEK) Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun”, yaygın ismi ile Yenilenebilir Enerji Kanunu, 10 Mayıs 2005 tarihinde TBMM’de kabul edilmiştir. Kanun, yenilenebilir enerji kaynak alanlarının korunması, bu kaynaklardan elde edilen elektrik enerjisinin belgelendirilmesi ve bu kaynakların kullanımına ilişkin usul ve esasları kapsamaktadır (Karaosmanoğlu, 2006).

Daha temiz ve yaşanılabilir bir dünya için çevre ile dost, yüksek miktarda elde edilebilen bölgelerde biyokütlenin enerji üretmek için kullanılması, teknolojilerdeki ilerlemeler ve çevresel ihtiyaçlar ile beraber önem kazanmıştır. Bu noktada, yenilenebilir

doğal kaynaklardan kimyasal ve biyolojik yolla elde edilen yakıt değeri yüksek etanolün kullanılması birçok araştırmacı tarafından önerilmektedir (Zerbe, 1982). Ayrıca etanolün yanması sonucu, petrol ürünlerine göre daha düşük oranlarda CO, CO<sub>2</sub> ile yanıcı olmayan hidrokarbonlar, azot oksitler ve uçucu organik bileşiklerin oluşması bu konunun önemini daha da çok artırmaktadır (Galbe ve Zacchi, 2002).

Bu çalışmada selülozik biyoetanol üretim teknolojisi tüm hatlarıyla ele alınacak ve ülkemizdeki biyoetanol üretim potansiyeli değerlendirilecektir.

## 2. Biyoetanol

Etanol temiz, renksiz ve zehirli olmayan bir sıvıdır. Etanol'ün ısı değeri benzinden daha düşüktür. Etanol su ile her oranda karışabilme özelliğine sahiptir. Etanol yüksek oktan sayısına sahip olmasına karşın, çok düşük setan sayısına sahip olması ve kendi kendine tutuşma direnci nedeni ile dizel motorlarında kullanımında birtakım sorunlar yaratabilmektedir. Kendi kendine tutuşma direnci, benzinli motorlarda sıkıştırma oranının artırılmasına olanak sağladığından, etanolün benzinli motorlarda kullanımı daha avantajlıdır. Düşük setan sayısına sahip olan yakıtların dizel motorlarındaki yanma kalitesini düzeltmek için araştırmalar devam etmektedir. Etanolün motorlarda kullanımı düşüncesi daha çok geniş tarım alanlarına sahip ülkelerde yaygındır.

Etanol, hava kirliliğini azaltmak ya da petrol ürünlerinin tüketimini azaltmak amacıyla, benzinle değişik oranlarda karıştırılarak kullanılabilir. En yaygın uygulamalar E10 ya da E85 diye bilinen sırasıyla % 10 ve % 85 etanol içeren karışımlardır. Biyoetanol sürdürülebilir bir enerji kaynağı olarak sağladığı çevresel ve ekonomik yararlar nedeniyle fosil yakıtlara göre avantajlar sağlamaktadır. Bünyesinde yüksek oranda şeker veya nişasta-selüloz gibi sekere dönüştürülebilir madde bulunduran hammaddeler etanol üretiminde kullanılabilirler. Dünya etanol piyasası nişasta ve şekere dayalı olarak gelişim göstermektedir (Acaroğlu, 2003).

## 3. Biyoetanol Üretiminde Kullanılan Hammaddeler

Biyofuel (biyoetanol, biyoyakıt) bitkisel yağlarından, şeker pancarından, tahıllardan, organik atıklardan ve işlenmiş biyokütlelerden elde edilebilir. Kullanılan biyolojik hammaddenin kayda değer miktarda etanole dönüşebilen nişasta veya selüloz gibi içeriğe sahip olması bu noktada önem arz etmektedir. Biyoetanol üretiminde kullanılan hammaddeler üç sınıfa ayrılmaktadır : (1) Sakkaroz içeren hammaddeler (şeker pancarı, şeker kamışı, sorgum vb.), (2) Nişastalı materyaller (buğday, mısır, arpa vb.), (3) Lignoselülozik biyokütle (odun, saman, ot vb.). Biyoetanol üretiminde kullanılan farklı hammadde kaynakları ve üretim potansiyelleri karşılaştırmalı olarak Çizelge 1'de verilmiştir.

Biyoetanol üretiminde en önemli problem üretimde kullanılacak hammaddenin varlığıdır. Kullanılacak hammaddenin mevsimsel değişimi ve coğrafik konumu biyoetanol üretiminde önemli etkenler olmaktadır. Öte yandan hammadde maliyetlerindeki değişim biyoetanol üretim maliyetlerini büyük ölçüde etkilemektedir. Kullanılan hammadde bağlamında hammaddenin içeriği genel olarak etanol üretiminde verimliliği etkileyen ana faktörlerden biridir. Aşağıda biyoetanol üretimi için kullanılan hammadde kaynakları detaylı olarak anlatılmaktadır.

**Çizelge 1.** Biyoetanol üretiminde kullanılan farklı hammadde kaynakları ve üretim potansiyelleri (Linoj ve ark., 2006)

| <b>Hammadde</b> | <b>Biyoetanol üretim potansiyeli (litre/ton)</b> |
|-----------------|--------------------------------------------------|
| Şeker kamışı    | 70                                               |
| Şeker pancarı   | 110                                              |
| Tatlı patates   | 125                                              |
| Patates         | 110                                              |
| Kassava         | 180                                              |
| Mısır           | 360                                              |
| Pirinç          | 430                                              |
| Arpa            | 250                                              |
| Buğday          | 340                                              |
| Sorgum          | 60                                               |
| Bagasse         | 280                                              |

### 3.1. Sakkaroz İçeren Hammaddeler

Sakkaroz veya diğer adlarıyla sükroz veya çay şekeri,  $C_{12}H_{22}O_{11}$  formülüyle gösterilen ve bir glikoz ve bir fruktoz molekülünün bir araya gelmesiyle meydana gelen disakkarittir (Anonim, 2011). Sakkaroz içeren hammaddeler, nişastalı hammaddelere veya lignoselülozik biyokütlelere nazaran sadece disakkarit yapısında olduğu için biyoetanol dönüşümünün daha kolay olması nedeniyle üretimde tercih sebebidir. Çünkü bu hammaddeler ön hidroliz gerektirmez ve disakkaritler sadece maya hücreleri tarafından degradasyona uğratabilir (Cardona ve Sanchez, 2007).

Biyoetanol üretiminde kullanılan sakkaroz içeren hammaddeler esasen şeker kamışı ve şeker pancarından oluşmaktadır (Zarzycki ve Polska, 2007). Avrupa ülkelerinde ise pancar molazları sakkaroz içeren hammaddeler olarak daha fazla biyoetanol üretimi için kullanılmaktadır (Cardona ve Sanchez, 2007). Bizim ülkemizde ise Şeker Fabrikalarında şeker pancarından şeker üretimi sonrası kalan atıklardan (melas) fermentasyon işlemi ile etil alkol üretilmektedir.

Diğer taraftan sorgum ise kuraklığa dayanıklı önemli tarımsal ürünlerden biridir. Özellikle gelişmekte olan ülkeler için bu hammadde kaynağı gerek biyoetanol üretiminde gerekse kimyasal maddeler ve enerji üretiminde büyük potansiyele sahiptir.

### 3.2. Nişastalı Materyaller

Biyoetanol üretiminde kullanılacak diğer hammadde kaynakları nişasta bazlı materyallerdir (Yoosin ve Sorapipatana, 2007). Nişasta bir homopolimer olarak tanımlanan biyopolimer olup, sadece tek bir monomer, D-glikozdan oluşur (Pongsawatmanit ve ark., 2007). Nişastadan biyoetanol elde edebilmek için bu karbonhidrat zincirinin koparılacak glikoz şurubunun elde edilmesi amacıyla mayalar kullanılmaktadır. Kuzey Amerika ve Avrupa ülkelerinde biyoetanol üretimi için bu hammadde kaynakları büyük ölçüde kullanılmakla beraber çoğunlukla bu amaç için mısır ve buğday tercih edilmektedir (Cardona ve Sanchez, 2007).

Nişasta bazlı biyoetanol endüstrisi yaklaşık 30 yıldır yaşamakta olup, geçen zaman içinde enzim verimliliğinde sağlanan iyileşmeler yanında işlem süresi ve maliyetlerin düşürülmesi biyoetanol verimliliğini olumlu yönde etkilemiştir (Mabee ve ark., 2006).



### 3.3. Lignoselülozik Biyokütle

Bütün lignoselülozik biyokütellerin temel yapısı üç temel polimerden oluşmaktadır (Shibuya ve Iwasaki, 1985; Kormelink ve Voragen, 1993): Selüloz ( $C_6H_{10}O_5$ )<sub>n</sub>, hemiselüloz ( $C_5H_8O_4$ )<sub>n</sub> ve lignin [ $C_9H_{10}O_3$ ] ( $OCH_3$ )<sub>0.9-1.7</sub>]<sub>n</sub>. Aşağıda kısaca lignoselülozik bileşenler hakkında bilgi verilecektir.

*Selüloz* lignoselülozik biyokütlenin ana bileşeni olup odunun ağırlıkça % 40-50'sini oluşturmaktadır (Gurgel ve ark., 1995). Hücre çeperinin ana yapı elemanı olup, hücrelerinin direnç değerinden sorumludur. Selüloz β-1,4 bağı ile bağlı glikoz birimlerinden oluşmaktadır. Binlerce glikoz birimlerinin bir araya gelmesiyle selüloz zincirleri meydana gelir. Selüloz zincirlerinin içerdikleri hidroksil grupları ile hidrojen köprü bağları oluşturarak bir araya gelmesiyle fibriller meydana gelmektedir (Granstorm ve ark., 2001). Bitkideki selüloz miktarı hücre çeper içeriğine bağlı olup bitki türleri ve çeşitleri arasında farklılık göstermektedir. Bitkinin yaşı ve bitki kısımları ayrıca selüloz miktarını etkilemektedir.

*Hemiselülozlar* yapı taşı olarak pentoz (ksiloz ve arabinoz), heksoz (mannoz, glikoz, galaktoz) ve üronik asitlerinden oluşan heterojen polimerlerdir. Hemiselüloz polimerlerinin içerikleri bitki türü ve dokusuna bağlıdır. Ksilanlar yapraklı ağaç odunlarında en fazla miktarda bulunan selülozik olmayan polisakkaritlerdir. Ksilan ana zincirinin yaklaşık %80'i ksiloz içermekte olup ana zincire O-2 ve/veya O-3 bağı ile bağlı arabinoz, ksiloz ve bazen de galaktoz atıklarını içeren oligomerik yan dallarla karşılaşmak mümkündür (Saulnier ve Thibault, 1999). Buna karşılık dallanma göstermeyen lineer ksilanlarda mevcut olup bunlar guar husk tohumlarından, esparto otundan ve tütün saplarından izole edilmişlerdir (Eda ve ark., 1976). Dolayısıyla ksilanlar lineer homoksilanlar, arabinoksilanlar, glukouronoksilanlar ve glukouronoarabinoksilanlar olarak karakterize edilmektedirler. İğne yapraklı ağaçlarda ise galaktoglukomannanlar ve glukomannanlar ana hemiselüloz bileşenleri olup ksilanlar az miktarda bulunmaktadır.

Hemiselülozlar lignoselülozik odunsu biyokütlenin yaklaşık %30'unu oluşturan selülozdan sonra ikinci en önemli odun polisakkarit kısmıdır (McMillan, 1997). Odun dışı bitkilerde ise hemiselüloz oranı biraz daha yüksek olabilmektedir. Mısır sapı, mısır koçanı, buğday sapı, pirinç sapı ve şeker kamışı gibi farklı tarımsal atıklarda hemiselüloz oranı %40'lara ulaşabilmektedir (Kormelink ve Voragen, 1993). Pirinçte nötral ksilan %46 ksiloz, %44.9 arabinoz, %6.1 galaktoz, %1.9 glikoz ve %1.1 anhidrouronik asit içermektedir (Shibuya ve Iwasaki, 1985). Saman arabinoksilanı %65.8 ksiloz, %33.5 arabinoz, %0.1 mannoz, %0.1 galaktoz ve %0.3 glikoz içermektedir. Mısır sapı ksilanı ise en önemli heteroksilan komplekslerinden biri olup β-(1,4) bağı ksiloz ünitelerinden oluşmakta olup, %48-54 ksiloz, %33-35 arabinoz, %5-11 galaktoz ve %3-6 glukouronik asit içermektedir (Doner ve Hicks, 1997; Saha ve Bothast, 1999). Sert odunlarda arabinoz oranı toplam pentozun %2-4'ünü oluştururken, bu oran otsu bitkilerde %10-20'lere ulaşmaktadır. Arabinoz içeriğinin mısır liflerinde ise %30-40'lara ulaşabileceği bildirilmektedir.

Hemiselülozların biyolojik dönüştürülme işlemi (bioconversion) hemiselüloz içeren biyokütlenin, yakıt ve kimyasallara dönüşümü, kağıt hamuru üretimi ve hayvan yemlerinin sindirilebilirliğini artırması gibi farklı agro-endüstriyel yöntemlerdeki pratik uygulamaları nedeniyle son yıllarda oldukça önem kazanmıştır (Wong ve ark., 1988; Zeikus ve ark., 1991; Viikari ve ark., 1993). Dönüştürme işleminde kullanılan kimyasal maddelerin çevreye olan etkileri nedeniyle özellikle günümüzde hemiselülozu degridede (yıkım) eden ya da hemiselüloz degradasyonuna yardımcı olan enzimler endüstriyel olarak kullanılmaya başlanmış ve konu ile ilgili çalışmalar yoğun bir şekilde devam etmektedir. Diğer taraftan hemiselülozik şekerler lignoselülozik materyalin etanol ve diğer fermentasyon ürünlerine dönüşümünde büyük önem taşımaktadır. Ksilan degridede edici enzimler son yıllarda çeşitli tarımsal ve orman atıklarının sakkarifasyon işlemlerinde önemli ölçüde kullanılmaktadır. Hemiselülozların

diğer potansiyel uygulamaları arasında odunun biyoliflendirilmesi, meyve ve sebze maserasyonu ve yüksek lifli ürünlerin üretilmesi gibi işlemler sayılabilir (Eggeman ve Elander, 2005).

Çoğu sert odun hemiselülozlarında en baskın pentoz şekeri ksilan iken, enerji ürünleri olarak ifade edilen switchgrass gibi diğer otsul bitkiler ve tarımsal atık hemiselülozlarında ise en baskın şeker arabinoz olabilmektedir. Bu ise biyoetanol üretimi için kullanılan hammadde ve bu hammadde içeriğinin önemini göstermektedir.

*Lignin* polisakkaritlerden sonra hücre çeperinde en fazla miktarda bulunan dallanmış yapıdaki fenolik bileşendir. Lignin bütün vaskular bitkilerde hücre içi duvarında bulunmaktadır. Lignin doğada oldukça fazla miktarda bulunan ve ekonomik öneme sahip doğal hammadde olması nedeniyle yapısı ve biyosentezi konusunda birçok çalışma gerçekleştirilmektedir. Yumuşak odun ve sert odunların lignin içerikleri %20-40 arasında değişirken bu oran bagasse (Bagas= Şeker kamışı artığı veya sapı), mısır koçanı, fıstık kabuğu ve saman gibi otsul bitkilerde %10-40 arasında sınırlı kalmaktadır (Yaman, 2004). Kâğıt üretim işleminde, ligninin kimyasal olarak çözünmesiyle lifler bireysel hale getirilir diğer taraftan hayvan yemi olarak kullanılan bitkilerdeki lignin sindirimi belirgin bir şekilde azaltılmaktadır.

Lignin polimeri yapıtaşları p-kumaril alkol, koniferil alkol ve sinapil alkol olarak adlandırılan birimlerinden oluşmaktadır. Herbir ünite bir diğeriyle birçok tipte bağlantı yaparak lignin polimerini oluşturmaktadır. Lignin yapısındaki ve miktarındaki farklılıklar bitki grupları ve türleri arasında farklılık arz etmekte olup ayrıca bitkinin yaşı, hücre tipi ve tek bir hücrenin farklı kısımlarında farklılık arz etmektedir.

İğne yapraklı ağaç lignini başlıca guayasil (G-üniteleri) birimlerini içermekte olup, az miktarda p-hidroksi fenil (H-üniteleri) birimleri içermektedirler. Yapraklı ağaç lignini hem siringil (S-üniteleri) hem de guayasil (G-üniteleri) birimleri ve az miktarda H-üniteleri içermektedir. Ekin türlerinde, toplam lignin miktarı %15-26 arasında değişmektedir. Lignin hücre çeperinin mikrobiyal hücumlara karşı dirençli olmasını sağlamaktadır. Lignin hücre çeperinde diğer temel bileşenler ile de bağ yapmaktadır. Polisakkarit ve proteinlerle olan karşılıklı bağlar oldukça kompleks üç boyutlu networkler oluşturmaktadırlar. Fenolik bileşikler ve karbonhidratları arasındaki bu bağ liflerin bireysel hale getirilmeleri ve kullanımlarını zorlaştırmaktadırlar.

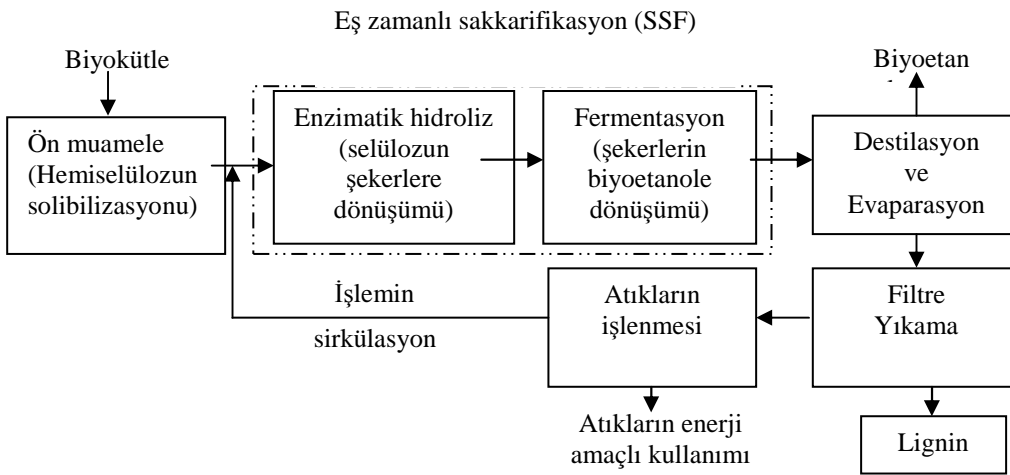
*Mineraller* bitkilerin büyüme ve gelişmeleri için gereklidir. Bunların bitkilerdeki oranları %0.1-1.5 (kuru madde) arasındadır. Makro besinlerden olan N, P, S, K, Mg ve Ca gibi organik bileşikler proteinler ve nükleik asitler için gereklidir ve bitkide ozmotik basıncı sağlamaktadırlar. Mikro besinlerden olan Fe, Mn, Zn, Cu, B, Mo, Cl ve Ni gibi bileşenler genellikle enzim üretimi veya aktivasyonu etkilemekte olup bunların bitkilerdeki miktarları düşüktür. Bitkilerdeki mineral maddelerin oranları bitki yaşı veya gelişme dönemi, bitki türü ve diğer minerallerin konsantrasyonuna ve aynı zamanda bitkide bulunduğu kısma bağlı olarak değişmektedir.

#### **4. Biyoetanol Üretim Prosesleri**

Lignoselülozik biyokütlenin biyoetanole dönüşümü dört ana aşamadan oluşmaktadır: Ön muamele, hidroliz, fermentasyon ve ürünlerin ayrılması/distilasyon. Basit bir şekilde biyokütlenin biyoetanole dönüşümü Şekil 1'de gösterilmiştir.

#### 4.1. Ön Muameleler

Lignoselülozik maddelerin biyo-dönüşümünde birinci adım boyut küçültme ve ön muameledir (Yaman, 2004). Ön muamele selülozun dönüşümünde önemli bir araçtır. Ön muamele selülozik biyokütlenin yapısını değiştirerek enzimler açısından daha kolay ulaşılabilir bir yapıya dönüştürmekte ve karbonhidratların fermente edilebilir şekerlere ve selüloz üretici mikroorganizmalar tarafından dönüşümünü kolaylaştırmaktadır. Ön muamelenin başarılı olabilmesi için: (1) şekerlerin formasyonunu artırmalı ya da şekerleri daha sonraki hidroliz işlemleri için uygun yapıya dönüştürebilmeli, (2) karbonhidratların degradasyonunu ve kaybını önlemeli, (3) sonraki hidroliz ve fermentasyon işlemlerinde yan ürün inhibitörlerinin oluşumunu önlemeli ve (4) maliyeti olumsuz etkilememelidir.



Şekil 1. Biyokütleden biyoetanol üretiminde kullanılan prosesler (Balat ve ark., 2008).

Ön muamele aşaması asit veya enzim katalizörlü hidroliz işlemlerinin etkisini kolaylaştırmak amacıyla lignoselülozik yapının fiziksel bozulmasına katkıda bulunmaktadır. Ön muamele işlemleri sonraki işlemlerin etkinliği ve konfigürasyonu üzerinde etkili olmakla beraber yöntemin ekonomikliğini de büyük ölçüde etkilemektedir. Günümüzde ön muamelelerin maliyet ve performansını değerlendirmek amacıyla tekno-ekonomik analizler uygulanmaktadır (Hamelinck ve ark., 2005; Eggeman ve Elander, 2005; Chen ve ark., 2007). Yapılan çalışmalar karbonhidratların biyoetanole dönüşümünde maliyet ve süreç açısından en önemli belirleyici faktörün ön muamele işlemleri olduğunu göstermiştir. Bu konuyla ilgili olarak ön muamelelerin maliyetini düşürücü birçok araştırma ve geliştirme (AR-GE) yaklaşımı mevcuttur (Chandel ve ark., 2007). Maliyet araştırmaları ve etkin ön muameleler biyoetanol teknolojisinin temelini oluşturmaktadır (Hamelinck ve ark., 2005).

Ön muameleler; mekanik (Rivers ve Emert, 1987), buhar patlatılması (Brownell ve Saddler, 1987; Zhang ve ark., 2007), amonyak lif patlatılması (Alizadeh ve ark., 2005; Indacochea ve ark., 2006), süperkritik CO<sub>2</sub> muamelesi (Kim ve Hong, 2001), alkali veya asit ön muamelesi (Silverstein ve ark., 2007; Champagne, 2007), ozon ön muamelesi ve biyolojik ön muamele (Patel ve ark., 2007) işlemlerini kapsamaktadır. Çizelge 2’de çeşitli ön muamele işlemleri karşılaştırmalı olarak verilmiştir. Aşağıda ön muamele işlemlerinden bazıları hakkında detaylı bilgi verilecektir.

**Çizelge 2.** Ön muamele yöntemleri (lignin uzaklaştırıcı ve hemiselülozları hidrolize edici) (Hamelinck ve ark., 2003; Hamelinck ve ark., 2005).

| Ön muamele metodu                   | Kimyasallar     | Sıcaklık/basınç | Reaksiyon süresi (dak.) | Ksiloz verimi (%) | Aşağı yönde enzimatik etki | Maliyet |
|-------------------------------------|-----------------|-----------------|-------------------------|-------------------|----------------------------|---------|
| Seyreltik asit hidrolizi            | Asit            | >433 K          | 2-10                    | 75-90             | <%85                       | +       |
| Alkali hidrolizi                    | Baz             |                 |                         | 60-75             | %55                        | ++      |
| Katalizlenmemiş buhar patlatılması  | -               | 433-533 K       | 2                       | 45-65             | %90                        | -       |
| Asit katalizörlü buhar patlatılması | Asit            | 433-493 K       |                         |                   | %88 (2 adım)               | -       |
| Amonyak lif patlatılması            | Amonyak         | 363 K           | 30                      |                   | %50-90 (2 adım)            |         |
| CO <sub>2</sub> patlatılması        | CO <sub>2</sub> | 56.2 bar        |                         |                   | %75 (2 adım)               |         |

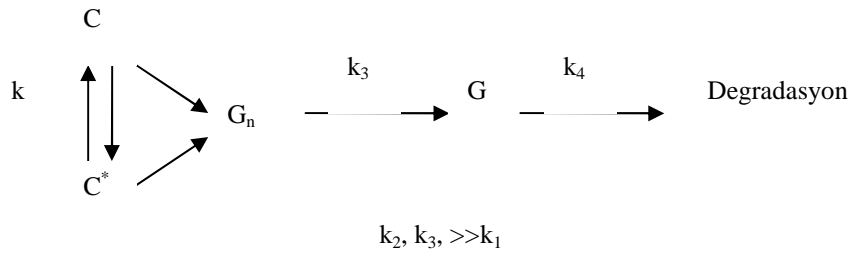
**Buhar Patlatılması (Otohidroliz-Steam explosion):** Biyokütlenin ön parçalanmasında kullanılan işlemlerden biri buhar patlatılmasıdır. Yöntem buhar patlaması, sulu ayırma ve sıcak su sistemlerini kapsamaktadır. Buhar patlatılması Kanada'daki Stake Teknoloji Ltd. tarafından geliştirilmiş olup, yüksek sıcaklık ve basınçta biyokütlenin ekstrüzyon işlemini kapsamaktadır.

Buhar patlatılması ön muamelesiyle ise hemiselülozun degradasyonu ve çözülebilirliği yüksek sıcaklık ve kısa reaksiyon süresi (270°C, 1 dk.) veya düşük sıcaklık, yüksek reaksiyon süresi (190°C, 10 dk.) işlemlerinin her iki şekliyle de sağlanabilir (Duff ve Murray, 1996). Uygulama sonrasında basınç serbest bırakılarak materyalde fazla kayıp olmaksızın, patlatma sonrası lifler bireysel hale dönüştürülmektedir. Uygulamada buhar lignoselülozik matriks içerisine işlemekte ve hemiselüloz hidrolizine katkıda bulunarak doğal asitlerin hemiselülozdan serbest kalmasını sağlamaktadır (Mabee ve ark., 2006). Bahsedilen bu yöntem kavramsal olarak basit olmakla beraber hemiselülozlardan elde edilen şekerlerin verimi %65'lerden daha düşüktür (Wyman, 1999).

Bu yöntemde buhar patlatılması ön muamelesi süresince açığa çıkan asetik ve diğer asitlerin hemiselüloz hidrolizine katkı sağladığı düşünülmektedir. Buhar patlatılması Şekil 2'de gösterildiği gibi ardı ardına gelen reaksiyonları ve bunların sonucunda oluşan kimyasal etkileri kapsamaktadır. Çünkü hemiselüloz içerisinde var olan asetil gruplarının hidroliziyle oluşan asetik asit adeta bir katalizör olarak reaksiyon süresince ksiloz veya glikoz degradasyonuna katkı sağlamaktadır. Öte yandan su yüksek sıcaklıklarda asit gibi etki etmektedir (Mosier ve ark., 2005).

Bu basit uygulama kimyasalların eşzamanlı kullanımı ile geliştirilmiştir. USA'daki Xylan Inc. peroksit ön muamelesi ile ekstrüzyon işlemini beraber kullanarak biyokütlenin iç yapısı bozunduran yeni bir uygulama geliştirmiştir (Dale ve Moelhman, 2000). Bununla beraber, uygulamada buhar ön muamelesine ek olarak daha yüksek şeker verimi elde etmek için H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ve SO<sub>2</sub> gibi katalizörlerin de uygulandığı yöntemler mevcuttur. Ön muamele sırasında kullanılan asit katalizörü hemiselüloz şekerlerinin kazanımını ve katı fraksiyonun enzimatik hidrolizini artırmaktadır. Asit katalizörlü buhar ön muamelesi asit hamur üretimine benzese de yöntemin sıvı içeriği daha düşüktür (Hahn-Hagerdal, 2006). H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> güçlü bir katalizör olup, hemiselülozların uzaklaştırılmasını artırmakta ve öte yandan çeşitli inhibitör maddelerin üretimini kolaylaştırmaktadır. Morjanoff ve Gray (Morjanoff ve Gray, 1987) yaptıkları çalışmada buhar patlatılması (220 °C, 30 sn, su/katı oranı: 2/1 ve %1 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ile) ön muamelesinden sonraki enzimatik ön hidroliz işlemiyle %65.1 verimde şeker üretilebildiğini belirtmişlerdir. SO<sub>2</sub> ise daha ılımlı bir katalizör olup, daha düşük hemiselüloz hidrolizi

yanında, daha düşük inhibitör madde üretimi sağlamaktadır (Bertilsson, 2007). Buhar ön muamelesi süresince  $SO_2$ 'nin katalizör olarak kullanılmasıyla hemiselüloz türevli şekerlerin geri kazanımı artmakta ve diğer taraftan selüloz üzerinde enzimatik hidroliz öncesi istenilen geçirgenlik oluşturulabilmektedir (Brownell ve Saddler, 1984). Bunun dışında 200-210°C'de %1  $SO_2$  (w/w) ilavesiyle uygulanan buhar ön muamelesinin diğer ön muamele işlemlerine nazaran daha kuvvetli olduğu ve hammaddedeki gluklan varlığına bağlı olarak %95 glikoz veriminin elde edildiği belirtilmiştir (Eklund ve Zacchi, 1995). Ön muamele işlemleri iki kademeli olarak da uygulanabilmektedir. Optimize edilmiş asit katalizörlü buhar ön muamelesi koşulları Çizelge 3'te gösterilmiştir.



**Şekil 2.** Buhar patlatılması ön muamelesinde oluşan adımların şematik gösterimi. Kristalin (C) ve amorf selüloz (C\*) arasındaki dönüşüm tersinirdir. Her ikisi de oligosakkaritlere ve devamında glikoza dönüşebilir. Glikoz (G) degradasyonunu daha sonrasında fermentasyon inhibitörlerini oluşturmak için meydana gelebilir. K denge sabiti ve k ise oransal sabittir (Mosier ve ark., 2005).

**Çizelge 3.** Optimize edilmiş asit katalizörlü buhar ön muamelesi koşulları (Balat ve ark., 2008).

| 2-KADEMELİ ÖN MUAMELE                                         |                                                            | TEK ADIMLI ÖN MUAMELE                                        |
|---------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|
| 1. adım                                                       | 2. adım                                                    | -                                                            |
| 453 K, 180 °C, 10 dak., H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (%0.5) | 473 K, 200 °C, 2 dak., H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (%2) | 498 K, 225 °C, 5 dak., H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (%0.5) |
| 463 K, 190 °C, 2 dak., SO <sub>2</sub> , (%3)                 | 493 K, 220 °C, 5 dak., SO <sub>2</sub> , (%3)              | 483 K, 210 °C, 5.5 dak., SO <sub>2</sub> , (%3.5)            |

Buhar patlatılması ön muamelesinin lignoselülozik maddeler üzerine etkileri özetlenirse (Jeoh, 1998):

- (1) selülozun amorf kısımlarını kristalleştirerek, selülozun kristalinitesini artırır,
- (2) hemiselülozlar kolaylıkla hidrolize edilebilir
- (3) delignifikasyonu artırır.

Buhar patlatılmasının en önemli avantajı mekanik liflendirme (%70'ten fazla enerji gerektirir) ile karşılaştırıldığında daha düşük enerji kullanımını gerektirmesi ve geri dönüşüm ve çevresel açıdan ortaya çıkabilecek maliyetleri azaltması olarak gösterilebilir. Bu yöntemin tarımsal atıklar ve sert odunlar için maliyet açısından oldukça etkin olduğu düşünülebilir; ancak yumuşak odunlar için aynı durum söz konusu değildir (Balat ve ark., 2008).

Bunun dışında yapılan literatür çalışmaları incelendiğinde enzimatik hidroliz işlemi öncesinde CO<sub>2</sub>, patlatılması metodunda selüloz materyali üzerinde oldukça etkin olduğu görülmüştür (Zheng ve ark., 1995; Kim ve Hong, 2001). Zheng ve ark. (1998) yaptıkları çalışmada CO<sub>2</sub>, buhar ve amonyak patlatılması ön muamele metodlarını şeker kamışı üzerinde denemişler ve CO<sub>2</sub> patlatılması metodunun diğerlerine nazaran maliyet açısından daha etkin olduğunu ve özellikle buhar patlatılması metodunda odun bileşenlerinde ortaya çıkan olumsuz etkinin CO<sub>2</sub> patlatılması metoduyla indirgeniğini gözlemlemişlerdir.

**Amonyakla Muamele Edilmiş Liflerin Soğuk Buharla Patlatılması (AFEX):** AFEX ön muamelesi liflerin sıvı amonyak ile muamelesini ve ardından soğuk buharla patlatılması

işlemlerini kapsamaktadır (Hamelinck ve ark., 2005). Bu yöntemde önceden ıslatılmış %15-30 rutubet içeriğindeki lignoselülozik materyal 1-2 kg sıvı NH<sub>3</sub> (o.d. biyokütle) ile muamele edilir. Oda sıcaklığındaki uygulamalar için 12 atm'i aşan basınçlar gerekli olmaktadır (Silverstein, 2004). Yöntem basit ve işlem süresi kısadır. Bu sistem hiçbir şekeri direkt olarak serbest bırakmamakta ancak polimerlerin (selüloz ve hemiselüloz) enzimatik atağa karşı daha duyarlı hale gelmesini sağlamakta ve şekerleri azaltmaktadır (Dale ve Moelhman, 2000). AFEX metodu amonyağın yüksek maliyeti dolayısıyla, yöntemin ekonomikliğini sağlayabilmek amacıyla amonyağın geri kazanımını gerekli kılmaktadır. Amonyağın geri kazanımında en önemli yaklaşım muamele sonrasında uygulanabilecek olan evaporasyon işlemidir (Lee, 2005). AFEX ön muamelesi düşük enzim yüklerinde (<5 FPU/g biyokütle veya 20 FPU / g selüloz) muamele edilmiş lignoselülozikler için teoritik verimlere yakın optimal hidroliz oranları sağlamaktadır (Mosier ve ark., 2005). Mısır saplarının ön muamelesi için uygun bir yöntem olduğu belirtilmektedir. Cao ve ark. (1996) sert koşullar altında lignoselülozik biyokütlenin (mısır koçanı lifleri) seyreltik NH<sub>4</sub>OH ile oda sıcaklığında muamelesiyle lignin, asetat ve ekstraktiflerin uzaklaştırılabileceğini ve ardından liflere uygulanacak olan seyreltik asit muamelesiyle hemiselüloz fraksiyonlarının başta ksiloz olmak üzere basit şekerlere hidrolize olabileceğini ve atık selüloz fraksiyonlarının ise enzimatik hidroliz yoluyla glikoza indirgenmesinin daha kolay olacağını belirtmişlerdir. Kurakare ve ark. (2001) da şeker kamışı, mısır zuru ve switchgrass türlerinde enzimatik hidrolizin etkinliğini artırmak amacıyla amonyaklı su ile ön muamele işlemlerini uygulamışlardır. Buna karşılık şeker kamışından daha fazla lignin içeriğine sahip kavak yongalarında AFEX ön muamelesinin daha az etkili olduğu gözlemlenmiştir (Silverstein, 2004).

**Asit Ön Muamelesi:** Asit ön muamelesi lignoselülozik biyokütleden yüksek verimlerde şeker üretimini amaçlamaktadır (Lee, 2005). Asit ön muamelesinin sülfürik asit (Parajo' ve ark., 1993), hidroklorik asit (Kurakare ve ark., 2005), perasetik asit (Teixeira ve ark., 1999), nitrik asit (Brink, 1993) ve fosforik asit (Hussein ve ark., 2001) gibi farklı çeşitleri mevcuttur. Asit ön muamelesi selülozu hidrolize etmek amacıyla seyreltik veya konsantre asitleri kullanabilir. Bütün bu ön muamele metotları içerisinde seyreltik asit ön muamelesi en fazla tercih edilen metottur.

Genel olarak seyreltik asit ön muamelesinin iki farklı uygulanış şekli mevcuttur: (1) Düşük katı madde oranı (%5-10 w/w) ve yüksek sıcaklıktaki (T>433 K, 160 °C) sürekli sistemler, (2) yüksek katı madde oranı (%10-40 w/w) ve düşük sıcaklıktaki (T<433 K, 160°C) kesintili sistemler (Silverstein, 2004). İki sistem karşılaştırıldığında daha yüksek sıcaklık ve reaksiyon süresi ile uygulamada çözülebilir ksilozların miktarının ve selülozların enzimatik yoldan sindirilebilirliğinin arttığı belirlenmiştir (Tucker ve ark., 2003). Örnek bir uygulamada, daha ılımlı sıcaklık derecelerinde seyreltik asit ile ön muamelenin ardından enzimatik yoldan fermante edilebilir şekerlere dönüşümün %85-100 verimle gerçekleştiği mısır hammaddesi için belirtilmiştir (Saha ve Cotta, 2006). Bu bağlamda ön muamele koşullarına ve kullanılan substrata bağlı olarak, seyreltik asit ön muamelesi ile lignoselülozik hammaddeden %80-95 verimle hemiselülozik şekerlerin elde edilebileceği belirtilmiştir (Torget ve ark., 1996; Jeffries ve Jin, 2000; Karimi ve ark., 2006).

Son yıllarda lignoselülozik biyokütlenin seyreltik sülfürik asit ile ön muamelesi, hemiselülozun hidrolizi amacıyla veya selülozun enzimatik hidrolizi için ön muamele işlemi olarak çoğunlukla tercih edilen bir yöntemdir. Bu işlemde, biyokütle seyreltik sülfürik asit ile muamele edilerek, hemiselülozlar ksiloz ve diğer şekerlere parçalanır ve devamında da ksilozdan furfural elde etmek amacıyla karıştırılır. Furfural ise distilasyon yoluyla geri kazanılmaktadır. Biyokütle ile karıştırılan asit 433-493 K sıcaklık derecelerinde saniyeden dakikaya kadar değişen reaksiyon sürelerinde muamele edilir (Mosier ve ark., 2005).

Sıcak yıkama prosesi, seyreltik asit ön muamelesinin bir varyasyonu olup, yüksek sıcaklıklarda ayrışmayı ve ön muamele görmüş materyalin yıkanması işlemini kapsamaktadır.

Bu yıkama işleminin ise ön muamele koşullarında çözünmüş lignin veya ksilan fraksiyonlarının tekrar çökmesini önlemek amacıyla uygulanmaktadır. Çünkü, uygulama sonrasında lignin çökmesi ön muamele görmüş materyalin daha sonraki enzimatik hidrolizini negatif yönde etkilemektedir (Knauf ve Moniruzzaman, 2004). Uygulamadaki yüksek sıcaklık daha yüksek verimin yanında daha fazla seyreltik şeker solüsyonu oluşturmaktadır. Kesintili sistemle seyreltik asit hidrolizi ile odundaki selülozun yaklaşık %50-55'i şekerlere dönüştürülebilmektedir. Kullanılan ön muamele işlemlerine bağlı olarak atık selüloz ve degrede olmuş selüloz fraksiyonlarının miktarı, yöntemin ekonomikliği üzerinde etkin olmaktadır.

**Alkali Ön Muamelesi:** Alkali ön muamelesi, diğer ön muamele teknolojileri ile karşılaştırıldığında daha düşük basınç ve sıcaklığa ihtiyaç duymaktadır. Alkali ön muamelesi çevre koşullarında uygulanabilir ancak muamele süresi saniye ve dakikalardan ziyade saat veya günlerle ifade edilmektedir. Asit katalizörlü ön muamelelerden farklı olarak alkali ön muamelesinde bazı alkalilerin geri dönüşümü olmayan tuzlara dönüşümü veya ön muamele sırasında meydana gelen reaksiyonlarla biyokütle içerisine tuz gibi işlemleri yöntemin kullanılabilirliğini sınırlamaktadır (Silverstein, 2004). Alkali ön muamelesinin en önemli özelliği kullanılan alkalinin diğer bileşenler üzerinde büyük etkiler oluşturmaksızın lignini uzaklaştırabilme kapasitesine sahip olmasıdır (McMillan, 1997).

Alkali ön muamelesi için daha çok seyreltik NaOH kullanılmaktadır (Lee, 2005). NaOH muamelesi lignoselülozik biyokütlenin şişmesine, iç yüzey alanının artmasına, kristallik derecesinin düşmesine ve lignin yapısının bozulmasına sebebiyet vermektedir (Li ve ark., 2004). Ekonomik çevresel koşullar göz önüne alındığında, seyreltik NaOH muamelesinin konsantre NaOH muamelesine nazaran kullanılması daha uygun olmaktadır. Seyreltik NaOH ile diğer muamele işlemlerinin kombinasyonunun daha verimli olduğu görülmektedir. Örneğin mısır sapında %2 seyreltik NaOH+irradiyasyon (500 kGy) muamelesinin NaOH ön muamelesine (verim %43) nazaran verimi %20 oranında artırdığı gözlemlenmiştir (Li ve ark., 2004).

Öte yandan kireç (kalsiyum hidroksit, CaOH) alkali ön muamele kimyasalı olarak buğday sapı (3 saat, 358 K, 85 °C), kavak odunu (6 saat, 423 K, 150 °C, 14 atm oksijen), switchgrass (2 saat, 373 K, 100 °C) ve mısır saplarında (13 saat, 373 K) denenmiştir. Bu yöntemde ise kalsiyum hidroksit, su ve hava veya oksijen (O<sub>2</sub>) gibi oksidize edici maddeler 313-426 K, 40-153 °C sıcaklıkta, saat veya hafta arasında değişebilen reaksiyon sürelerinde biyokütle ile muamele edilmektedirler. Yöntemin en önemli avantajı biyokütleden ligninin uzaklaştırılması sonrasında kalan polisakkaritlerin reaktifliğini artırmasıdır. Buna karşılık, bu ön muamele işlemi hemiselülozlardan asetil ve farklı üronik asit gruplarını uzaklaştırarak enzimlerin selüloz ve hemiselüloz fraksiyonları üzerine etkilerini sınırlamaktadır (Ramirez, 2005).

**Biyolojik Ön Muamele:** Biyolojik ön muamele işleminde lignoselülozik madde içerisindeki lignini çözmek amacıyla mantarları kullanılmaktadır. Biyodelignifikasyon olarak tanımlanan işlemde biyokütle içerisindeki ligninin mikroorganizmalar tarafından biyolojik degradasyonunu ifade edilmektedir. Bu yöntem 1980'li yıllarda ilk anıldığında pahalı olması, uzun muamele süresi gerektirmesi, bazı yönleriyle yetersiz olması ve mikroorganizmaların lignin türevlerince zehirlenebilir yapıda olması gibi nedenler yöntemin kullanılabilirliğini sınırlamakla beraber gelecekte daha etkin bir yöntem olabileceği düşünülmektedir (Hamelinck ve ark., 2003; 2005). Bu ön muamele şekli fazlasıyla kolay olmakla birlikte elde edilen verim düşük ve delignifikasyon oranı oldukça yavaştır. Ayrıca yapılan literatür çalışmaları incelendiğinde bu ön muamele işlemini kapsayan sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır (Wyman, 1999).

## 4.2. Hidroliz

Ön muamele işleminin ardından biyokütlenin fermente edilebilir şekerlere dönüşümünde gerekli olan ikinci adım su molekülünün ilavesiyle ana molekülün koparılmasını ifade eden hidroliz işlemidir (Balat ve ark., 2008).  $(C_6H_{10}O_5)_n + nH_2O \rightarrow nC_6H_{12}O_6$  reaksiyonunda gösterildiği gibi selüloz seyreltik asit, konsantre asit veya enzim (selülaz) yoluyla katalizlenir. Selüloz polimerini glikoza hidrolizleyen yöntemlerden bir kısmı son birkaç yıl içerisinde geliştirilmiştir. Bu yöntemler genellikle selülitik enzimleri veya farklı konsantrasyonlarda sülfürik asitleri hidroliz amacıyla kullanmaktadır. Bu uygulamalarda enzim kullanımı durumunda pahalı yatırımlar gerekli olmakta buna karşılık sülfürik asitin bu işlemde kullanımının daha ucuz olduğu görülmesine karşılık uygulamada sülfürik asit kullanımının en önemli dezavantajı yüksek sıcaklık değerlerinin gerekliliğidir (Mosier ve ark., 2002). Ayrıca enzimatik uygulamada (pH 4.8 ve sıcaklık 318-323 K, 40-50 °C) daha yüksek verim sağlanabilmektedir. Alkali veya asit hidroliz işlemlerinin neden olduğu korozyon problemleri bu uygulamaları sınırlamaktadır (Balat ve ark., 2008).

Diğer taraftan lignoselülozik biyokütle gama ışını, elektron ışın radyasyonu veya mikrodalga radyasyonu yoluyla hidrolize edilebilir (Demirbaş, 2004; 2005). Lignoselülozik biyokütlenin hidrolizi saf selüloza nazaran glukon olmayan lignin ve hemiselüloz gibi bileşenler nedeniyle oldukça karmaşıktır (Zhang ve Lynd, 2004). Hidroliz işlemi farklı uygulamalar ile gerçekleştirilebilmekte olup devam eden kısımda bu uygulamalar hakkında kısaca bahsedilecektir.

**Asit Hidrolizi:** Asit katalizörlü selüloz hidrolizi kompleks heterojen bir reaksiyondur. Bu hidroliz işlemi hidrolitik kimyasal reaksiyonlar kadar fiziksel bazı faktörleri de kapsamaktadır (Xiang ve ark., 2003). Monosakkarit ürünlerinin daha yoğun degradasyonu ise istenilmeyen kimyasalların oluşumuna neden olabilmektedir. Meydana gelmesi mümkün olan yan reaksiyonların sayısı, tamamıyla uygulanan asidin nüfuzuna bağlıdır. Öte yandan asit hidrolizi sonrası uygulanan enzimatik hidroliz işlemi ile mısır sapında verimin %100 oranında, meşe odununda ise %90 oranında arttığı gözlemlenmiştir (Jeoh, 1998).

Lignoselülozik biyokütle asit ile hidrolize edildiğinde, değişmeden kalan lignin ve selüloz fraksiyonları yanında ksilanın ksiloza dönüştürüldüğü belirtilmektedir. Bu durum ksilanın selüloz ile karşılaştırıldığında amorf yapıda olması ve asit muamelesi sonucunda hidroliz işlemine daha çok dayanıksız olması ile açıklanabilir (Rahman ve ark., 2007). Şeker kamışı örneklerinde yapılan çalışmada asit hidrolizatlarının önemli ölçüde ksiloz içerdiği belirtilmektedir. Ayrıca asit hidrolizi ksilozu hızlı bir şekilde furfural ve diğer kondensasyon yan ürünlerine degrade etmektedir. Oluşan bu degradasyon ürünleri ise mikroorganizmaların etkisini yavaşlatan inhibitörler olarak kabul edilmektedir. İnhibitör etkisi gösteren bileşikler furfural, 5-hidroksimetil furfural (HMF), asetat hidroksibenzaldehit (HBA), siringaldedid (SGA) ve vanilin gibi ürünlerdir (Rao ve ark., 2006). Asit hidrolizinin yaygın olarak kullanılan iki şekli var olup bunlar seyreltik asit ve konsantre asit uygulamalarıdır.

**Seyreltik Asit Hidrolizi:** Bu yöntem selüloz biyokütlesini bioetanolle dönüştürmede bilinen en eski teknolojidir (Anonim, 2008b). Seyreltik asit hidrolizinde hemiselüloz fraksiyonları, selüloz fraksiyonlarına nazaran daha düşük sıcaklıklarda depolimerize olmaktadır. Bu yöntemde hemiselülozdan ksiloz veya diğer şekerleri elde etmek amacıyla seyreltik asitle biyokütle işleme sokulmaktadır. Seyreltik asit prosesi %1 sülfürik asit konsantrasyonunda, yüksek sıcaklıklarda (yaklaşık 488 K, 215 °C), kesintisiz üretim yapan kazanlar kullanılarak uygulanmaktadır (Anonim, 2008b). Çoğu seyreltik asit yöntemleriyle elde edilen şeker verimleri yaklaşık %50 ile sınırlı kalmaktadır (Badger, 2002). Gerçekleştirilen çalışmalar daha yüksek selüloz hidrolizi yanında glikozun bozunmasını minimize ederek ekonomik bir şekilde verimin %70'lerin üzerine çıkarılması



doğrultusundadır. Seyreltik asitlerin daha yüksek oranlarda kullanımı durumunda kristalin bölgeleri azalttığı; ancak glikozu degrede ettikleri gözlemlenmiştir (Lee, 2005).

Seyreltik asit hidrolizi selüloz ve hemiselüloz arasındaki farklılıktan ötürü iki kademe uygulanmaktadır. Birinci kademe daha düşük sıcaklıklarda hemiselülozun hidrolizi sağlanırken, ikinci kademe daha yüksek sıcaklıklarda biyokütlenin selüloz kısmının hidrolizi gerçekleştirilir (Demirbaş, 2006; 2007). Seyreltik asit yönteminin en önemli avantajı kesintisiz işlemi kolaylaştıran hızlı reaksiyon oranı olmakla beraber en büyük dezavantajı ise elde edilen düşük şeker verimidir. Ayrıca hızlı kesintisiz yöntemlerde daha iyi asit penetrasyonu sağlayabilmek amacıyla hammaddenin boyutsal olarak küçültülmesi önem arz etmektedir (Badger, 2002).

**Konsantre Asit Hidrolizi:** Konsantre asit yöntemi, tamamen ve hızlı bir şekilde selülozun glikoza ve hemiselülozların çok az degradasyona uğratılmasıyla 5-karbonlu şekerlere dönüşümünü mümkün kılmaktadır. Yöntemin ekonomik uygulanabilirliğini sağlamak amacıyla gerekli olan faktörler şeker veriminin optimizasyonu ve asit geri kazanımının etkin şekilde gerçekleştirilebilmesidir (Demirbaş, 2004; 2005). Konsantre asit yönteminde reaksiyon süresi seyreltik asit yöntemine nazaran daha uzundur (Anonim, 2008b). Bu yöntemde 313-323 K, 40-50 °C sıcaklıkta 2-4 saat süreyle, %70'lik sülfürik asit ile biyokütle reaktör içerisinde muamele edilmektedir. Bu yöntemde hidroliz işlemi sonrasında materyal yıkanarak şekerlerin ayrılması sağlanmaktadır. Bir sonraki adımda ise selüloz fraksiyonlarının depolimerize olmasını sağlamak amacıyla materyalin kalan kısmından suyu uzaklaştırıldıktan sonra 373 K, 100 °C, 50 dakika süreyle %30-40 sülfürik asit solüsyonuyla ısıtılmaktadır (Chandel ve ark., 2007).

Konsantre asit yönteminin en önemli avantajı yüksek şeker verimi sağlamasıdır. Konsantre asit yöntemi, seyreltik asit yöntemine nazaran daha fazla maliyet düşürücü potansiyele sahiptir (Demirbaş, 2005). Konsantre sülfürik veya hidroklorik asitle çalışmak zor olmakla beraber, kullanılan tüm asitlerin yöntemin ekonomikliğini sağlamak amacıyla geri dönüştürülebilir ve tekrar konsantre olabilir nitelikte olması gerekir (Jeffries ve Jin, 2000).

**Enzimatik Hidroliz:** Bir diğer hidroliz metodu enzimatik hidroliz işlemi olup, enzimlerin bitki proteinlerinde bazı kimyasal reaksiyonlara sebep olması ile gerçekleşmektedir. Bu yöntemin uygulanmasında son yıllarda iki teknolojik gelişme sağlanmış olup bunlar enzimatik ve direkt mikrobiyal dönüşüm metotlarıdır (Demirbaş, 2005).

Selüloz hidrolizinde substratın lignin ve hemiselüloz içeriği, yüzey alanı ve selülozun kristallik derecesi gibi yapısal parametreler lignoselülozik materyallerin enzimatik hidroliz işlemi oldukça etkilemektedir. Enzimatik hidroliz işlemiyle lignoselülozlarda var olan glukanın yalnızca %20'si (wt) çözülebilir hale getirilebilirken, yapılan ön muamele işlemleri sayesinde enzimatik etkinin artırılabilceği belirtilmiştir. Uygun koşullar altında ön muamele işlemiyle selülozun neredeyse tamamı orjinal materyal içinde kalmakta ve bu da enzimatik hidrolizi büyük ölçüde etkilemektedir (Zhang ve Lynd, 2004).

Selülozik substratın enzimatik hidrolizi süresince çeşitli faktörler selülaz karışımının katalitik aktivitesini sınırlamaktadır. Bu sınırlamaların enzim- ve substrat- ilişkili faktörlerden kaynaklandığı düşünülmektedir (Lu ve ark., 2001; Mais ve ark., 2002). Selülazların tekrar kullanımını veya geri dönüşümünü düşünmek şu anki teknoloji ile zordur; çünkü lignoselülozik substratlar üzerine selülazların adsorbsiyonu üzerine bugüne kadar elde edilen bilgiler eksik ve yetersizdir (Lu ve ark., 2001). Öte yandan selülozun enzimatik degradasyonu oldukça karmaşık bir işlem olmakla birlikte, bu degradasyon işlemi enzimlerin hareketli bileşenleri olarak yer aldıkları katı-sıvı faz sınırında meydana gelmektedir (Nutt, 2006). Selülaz enzim sistemleri çözünmez selülozik substrat üzerine etki ettiğinde eş zamanlı olarak üç süreç ortaya çıkmaktadır (Mosier ve ark., 2002): (1) çözünmemiş kalıntı selülozda

kimyasal ve fiziksel değişiklikler, (2) selüloz molekülünün yüzeyinden çözülebilir kısımların ayrılmasını kapsayan birincil hidroliz işlemi ve (3) çözülebilir ve düşük moleküler ağırlıklı kısımların ve hatta glikozun hidrolizini kapsayan ikincil hidroliz işlemleridir. Selülozik materyallerin enzimatik hidroliz oranı oldukça hızlı bir şekilde düşmektedir. Genel olarak enzimatik selüloz degradasyonu hızlı birincil faz ve bunu takip eden ve substrat tamamen tükeninceye kadar devam eden daha yavaş ikincil faz süreçlerinin toplamıyla karakterize edilebilir (Nutt, 2006).

Selülozun enzimatik hidrolizinde geniş çerçevede kullanılan enzimler endo-glukonazlar veya endo-1,4-β-glukanazlar (EG), ekzoglukanazlar veya sellobio hidrolazlar (CBH) ve β-glukosidazlardır (BGL) (Howard ve ark., 2003; Zhang ve ark., 2006). Bahsedilen bu enzim türleri içinde EG enzimleri selüloz zincirinde rastgele kopmalara neden olarak degradasyon etkisini artıran en etkin türdür (Oyekola, 2004). EG selüloz zincirinin duyarlı olan intra moleküler β-1,4 glukosidik bağlarını hidrolizlerken, ekzo-glukonazlar çözülebilir sellobioz veya glikoz kısımlarını serbest bırakmak amacıyla selüloz zincirlerini uç noktalarında koparır. BGL ise sellobioz inhibisyonunu engellemek amacıyla sellobiozu glikoza hidrolizler (Zhang ve ark., 2006). BGL sellobiozun glikoza hidrolizini katalizleyerek hidroliz işlemi tamamlar (Heikinheimo, 2002).

Bakteriler ve mantarlar lignoselülozik materyallerin hidrolizi için kullanılan selülaz enzimini üretebilmektedirler. Bu mikroorganizmalar aerobik ya da aneorobik, mezofilik yada termofilik olabilirler. *Clostridium*, *Cellulomonas*, *Bacillus*, *Thermomonospora*, *Ruminococcus*, *Bacteriodes*, *Erwinia*, *Acetovibrio*, *Microbispora* ve *Streptomyces* sınıfına ait olan bakteriler selülaz üretebilmektedirler (Sun, 2002).

Filamentli mantarlar selülaz ve hemiselülaz enzimlerinin asıl kaynağını oluşturmaktadır. Yapılan çalışmalarda *Trichoderma sp.* (*T. viride*, *T. reesei*, *T. logibrachiatum*) türlerinin kristalin selülozu değrede etme kapasitesine sahip en üretken tür oldukları belirlenmiştir. CBH I ve CBH II en baskın *T.reesei* enzimleri olmakla beraber, toplam selüloolitik proteinin %60'ından fazlasını CBH I ve yaklaşık %20'sini CBH II kapsamaktadır (Gusakov ve ark., 2005). EG I ve EG II ise *T. reesei*'deki baskın endo-glukanazlar olup, CBH I gibi hareket ettikleri düşünülmektedir (Valjamae ve ark., 2001).

Ksilanların biyodegradasyonunda kullanılan enzimler ise endo-β-1,4 ksilanaz, β-ksilosidaz ve dallanmış yapıya sahip ksilanların hidrolizinde kullanılan α-L-arabinofuranosidaz, asetil ksilan esteraz, ferulik asit esteraz ve p-kumarik asit esteraz gibi enzim türleridir. Çizelge 4'te ksilan degradasyonunu kapsayan enzimler ile bunların etki mekanizması gösterilmektedir. Endo-ksilanaz ksilanların ana zincirine etki etmekte ve β-ksilosidaz ise ksilooligosakkaritlerin ksiloza hidrolizinde etkili olmaktadır. α-L-arabinofuranosidaz ksilan ana zincirinden arabinozu, α-glukouronidaz ise 4-O-metil glukouronik asit yan dallarını ksilan ana zincirinden uzaklaştırmaktadır. Esterazlar ise ksilanın ksiloz üniteleri ile asetik asit (asetil ksilan esteraz) veya arabinoz yan zincirleri ile ferulik asit (ferulik asit esteraz) ve p-kumarik asit (p-kumarik asit esteraz) gibi ferulik asitler arasındaki ester bağlarını hidrolize etmektedir.

*Penicillium capsulatum* ve *Talaromyces emersoni* gibi bir çok mikroorganizma ksilanı tamamıyla parçalayan enzim sistemlerine sahiptir (Filho ve ark., 1991). Bachmann ve Mc Carthy (1991) *Thermomonospora fusca*'nın endo-ksilanaz, β-ksilosidaz, α-arabinofuranosidaz ve asetil ksilan esteraz enzimleri arasında önemli bir sinerjistik interaksiyon olduğunu belirtmişlerdir. Bir çok ksilanaz dallanmış ksiloz üniteleri arasındaki glikosidik bağları koparmaz. Ksilan ana zincirinin tamamıyla hidrolizinden önce yan zincirlerin koparılması gereklidir (Lee ve Forsberg, 1987). Bunun dışında sadece birkaç enzim türü ksilooligosakkaritlerden yan zincirleri koparabilmektedir. Bu enzimler yan dalların koparılmasından önce ksilan ana zincirinin kısmi hidrolizine gerek duymaktadırlar (Poutanen

ve ark., 1991). Ksılan selüloza nazaran daha kompleks bir yapıya sahip olmasına ve hidrolizi için bazı spesifik haller gerektirmesine rağmen, selüloz gibi kristal bir yapı göstermediği için enzimatik hidrolize çok daha fazla yatkındır (Gilbert ve Hazlewood, 1993).

**Çizelge 4.** Heteroarabinoksılanların hidrolizini kapsayan enzimler (Saha ve ark., 1998).

| ENZİM                        | ETKİ                                                                                         |
|------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|
| Endo-ksilanaz                | Özellikle ksılan ana zincirinde iç kısımlardaki $\beta$ -1,4-ksiloz bağlarını hidrolize eder |
| Exo-ksilanaz                 | Ksilobioz'u serbest bırakarak $\beta$ -1-4-ksilozu hidrolize eder                            |
| $\beta$ -ksilosidaz          | Ksilobiozdan ve kısa zincirli ksilooligosakkaritlerden ksilozu serbest bırakır               |
| $\alpha$ -arabinofuranosidaz | Arabinoksılanlardan indirgen olmayan terminal $\alpha$ -arabinofuronozları hidrolize eder    |
| $\alpha$ -glukouronidaz      | Glukouronoksılanlardan glukouronik asitleri uzaklaştırır                                     |
| Asetil ksılan esteraz        | Asetil ksılanlardaki asetil ester bağlarını hidrolize eder                                   |
| Ferulik asit esteraz         | Ksılanlardaki ferulolilesterbağlarını hidrolize eder                                         |
| p-kumarik asit esteraz       | Ksılanlardaki p-kumarik ester bağlarını hidrolize eder                                       |

Mısır lifleri %15 selüloz ve %35 hemiselüloz yanında %20 nişasta içermektedir (Saha ve ark., 1998). Saha ve Bothast (1999) mısır lifindeki nişasta, selüloz ve hemiselülozun fermente edilebilir şekerlere dönüşümü için çeşitli ön muamele işlemlerini de kapsayan (sıcak su, alkali ve seyreltik asit) enzimatik sakkarifikasyon yöntemlerini denemişler ve sıcak su ön muamelesinin (121 °C, 1 sa.) nişasta ve selülozun enzimatik sakkarifikasyonunu kolaylaştırdığını ancak hemiselülozun enzimatik sakkarifikasyonunu etkilemediğini ortaya koymuşlardır. Alkali ile ön muamele görmüş mısır liflerinin (10:1 w/w, 121 °C, 3 sa.) hemiselülaz enzimiyle hidrolizi de benzer sonuçlar vermiştir. Elde edilen sonuçlar mısır lifi hemiselülozlarını monomerik şekerlere verimli bir şekilde dönüştüren hiçbir ticari hemiselülaz enziminin olmadığını ortaya koymuştur. Ancak hemiselüloz ve nişasta bileşiklerinin seyreltik asit ön muamelesiyle basit şekerlere dönüştürülmesi ile arta kalan selüloz kısmı ticari olarak kullanımı olan herhangi bir enzim ile glikoza dönüştürülebilir. Bu yöntem mısır liflerinin seyreltik asit ile ön muamelesini (%15 katı madde w/v, %0.5 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> v/v, 121 °C, 1 sa., pH 5.0) ve ardından ön muamele görmüş liflerin ticari selülaz ve  $\beta$ -glukosidaz enzimleriyle sakkarifikasyonunu kapsamakta olup, elde edilen monomerik şekerlerin verimi %85-100 arasında değişmektedir. Bu yöntemle furfural ve HMF gibi fermentatif mikroorganizmalar için inhibitör olarak kabul edilen yan ürünlerin oluşumu söz konusu değildir. Bu yüzden seyreltik asit ön muamelesi inhibitör bileşiklerinin oluşumunu engellemek ve devam eden enzimatik sakkarifikasyonda selülozun fermente olabilen şekerlere daha mükemmel bir şekilde dönüşümünü sağlamak amacıyla nispeten düşük sıcaklıklarda uygulanır.

Leathers ve Gupta (1997) *Aurebasidium sp.* türlerinden elde edilen ham enzim preparasyonlarının mısır lifinin sakkarifikasyonu üzerine etkilerini incelemişlerdir. Cristov ve ark. (1997) ise *Aurebasidium pullulans*'dan elde edilen ham enzim preparasyonlarının kısmen çözünür hamurlarda uzaklaşan ksılan fraksiyonları üzerinde etkin olduğunu belirtmişlerdir.

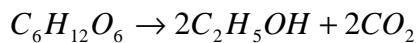
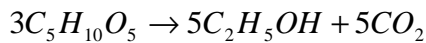
Saha (2001, 2002) mısır lifi ksilanını degrede etme kapasitesine sahip üç mantar kültürü belirlemiştir (*Fusarium proliferatum* NRRL 26517, *Fusarium verticillioides* NRRL Y-26518 ve *Mucor circinelloides* NRRL Y-26519). İzole edilmiş bu kültürlerden elde edilen ham enzim preparasyonları mısır lifi ksilanını degrede etme kapasitesine sahip iken, kültürlerden elde edilen saflaştırılmış endo-ksilanazlar benzer kapasiteye sahip değildir. Saflaştırılmış  $\beta$ -ksilosidazlar ksilobioz ve diğer kısa zincirli ksilooligosakkaritlerden ksilozu serbest bırakabilirler (Saha, 2001). Ksilanın daha etkin hidrolizi için endo-ksilanaz ile farklı ek enzim sistemlerinin karışımı bazı hallerde gerekli olabilmektedir. Ek enzim olarak  $\beta$ -ksilosidaz kullanıldığı takdirde ksiloz hidrolizinde enzimler arasında ortaya çıkan rekabet hidroliz işlemine sınır koymaktadır. Enzimatik sakkarifikasyonda hidroliz etkisini azaltmayan rekabetçi olmak yerine hidroliz etkisini artıran ek enzimlerin kullanımı daha olumlu sonuçlar ortaya koyabilmektedir.

Saha ve Bothast (1998) yulaf ksilanı üzerinde yetişen *Aureobasidium pullulans*'ın son derece termo stabil ekstrasellüler  $\alpha$ -L-arabinofuronosidaz enzimini ürettiğini ve bu enzimin arabinoz ve dallanmamış arabinanı kolaylıkla hidrolize ettiğini ve farklı arabinoksilanlardan arabinozu uzaklaştırdıklarını belirtmişlerdir. Enzim üretimini daha çok arabinoz indüklemektedir (Saha ve Bothast, 1998). Dolayısıyla arabinozca zengin hemiselüloz hidrolizatları enzim üretimi için kullanılabilir.

Asit veya alkali hidroliz işlemleriyle karşılaştırıldığında enzimatik işlem daha ılımlı koşullar altında (pH 4.8 ve sıcaklık 318-323 K, 45-50 °C) gerçekleştirilir ve kazanda korozyon problemlerine neden olmaz. Enzimatik hidroliz işlemi asit katalizörlü hidroliz işlemlerine nazaran daha iyi verim sağlaması dolayısıyla daha fazla tercih edilmekte olup, yöntemin maliyet üzerindeki olumsuz etkileri ise son yıllarda üreticilerin üretimlerinde modern biyoteknolojiyi kullanmalarına bağlı olarak minimize edilmeye çalışılmaktadır (Pan ve ark., 2005).

### 4.3. Fermentasyon

Genellikle asit muamelesiyle hidrolize olmuş lignoselülozlardan elde edilen hidrolizatlar biyoetanol üretimi amacıyla daha çok maya gibi mikroorganizmalar ile muamele edilmektedirler. Lignoselüloz hidrolizatları glikoz haricinde ksiloz, mannoz, galaktoz, arabinoz ve oligosakkaritleri de içermekte olup, kullanılan mikroorganizmaların tüm bu şekerleri etkin bir şekilde fermente edebilme kapasitesine sahip olması gerekir (Katahira ve ark., 2006). Aşağıda belirtilen reaksiyonlara bağlı olarak ksiloz ve glikozdan kg başına elde edilen maksimum teoritik verim 0.51 kg biyoetanol ve 0.49 kg CO<sub>2</sub>'dir (Hamelinck ve ark., 2003, 2005; Balat ve ark., 2008).



Öte yandan fermentasyon işleminde kullanılan bazı mikroorganizmalar fermente edilebilir şekerleri besin kaynağı (yiyecek) olarak görebilmekte ve bunun sonucunda etil alkol ve diğer bazı yan ürünler oluşabilmektedir. Bu mikroorganizmalar daha çok glikoz gibi 6-karbonlu şekerleri tüketmektedirler. Bu yüzden yüksek glikoz içeriğine sahip selülozik biyokütlelerin biyoetanole dönüşümü daha kolay olmaktadır. Öte yandan etanolojenler olarak isimlendirilen mikroorganizmaların, biyokütleden elde edilen şekerlerin yalnızca çok az bir kısmını biyoetanole dönüştürebildiği belirlenmiştir (Demirbaş, 2004). Ancak önemli miktarlarda biyoetanol üretimi sağlayabilen çeşitli mikroorganizmalar da (%1 w/v'den fazla) mevcuttur (Stewart ve Russell, 1987).

Fermentasyon amacıyla yakın gelecekte çok daha fazla öneme sahip olacağı düşünülen etanolojenik bakteriler ise *Escherichia coli*, *Klebsiella oxytoca* ve *Zymomonas mobilis*

türleridir (Dien ve ark., 2003). Yapılan çalışmalarda *Z. mobilis* bakterisi türlerinin glikoz bazlı hammaddelerden hızlı ve etkin bir şekilde biyoetanol üretme kapasitesine sahip olduğu gösterilmiş olup, *Z. mobilis* ile yapılan karşılaştırılabilir performans denemelerinde geleneksel mayalara nazaran %5 daha yüksek verim ve beş katından daha fazla hacimsel verimlilik elde edildiği gözlemlenmiştir. *Z. mobilis* glikoz fermentasyonunda %97'den fazla biyoetanol verimi ve %12 (w/v)'den fazla biyoetanol konsantrasyonu sağlamaktadır (Mohagheghi ve ark., 2002). *Z. mobilis* glikoz ve fruktoz gibi heksoz şekerlerinden etkin şekilde biyoetanol üretebilir; ancak pentoz şekerlerinde aynı başarıyı gösterememektedir. Bakteri, maya ve filamentli mantarlar arasında ksiloz fermente edici mikroorganizmalar mevcuttur (Hahn-Hagerdal ve ark., 2006). Ksiloz fermente edici bakteriler doğal ve genetik olarak oluşmuş çeşitli organizmalara sahip olup, eş zamanlı sakkarifikasyon ve fermentasyon için yararlı olabilecek birçok özelliğe sahiptirler (Çizelge 5) (Jeffries ve Jin, 2000).

**Çizelge 5.** Ksilozu fermente etme kapasitesine doğal olarak sahip olan ve üzerinde çalışılan bakteri türleri (Jeffries ve Jin, 2000).

| TÜRLER                             | ÖZELLİKLERİ                                                                                                                                                                                         |
|------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Clostridium acetobutlicum</i>   | Ksilozun aseton ve bütanole fermentasyonunda başarılıdır, biyoetanol verimi düşüktür.                                                                                                               |
| <i>Clostridium thermocellum</i>    | Selülozu direkt olarak etanole ve asetik asite dönüştürme kapasitesine sahip, biyoetanol konsantrasyonları genellikle 5 g/l'den daha azdır.                                                         |
| <i>Escherichia coli</i>            | Ksilozu doğal olarak biyoetanol, sukkinik ve asetik asite fermente etme kapasitesine sahip ancak etanol toleransı düşüktür, genetik olarak çalışılmış türleri genel olarak biyoetanol üretmektedir. |
| <i>Klebsiella oxytoca</i>          | Ksiloz ve sellobiozu doğal olarak hızlı bir şekilde fermente edebilirler, selülozun fermentasyonu ve biyoetanol üretimi geniş bir şekilde çalışılmaktadır.                                          |
| <i>Lactobacillus pentoaceticus</i> | Ksiloz ve arabinozu tüketir, glikoz ve sellobiozu yavaş yavaş kullanır, asetik asit ve laktik asit 1/1 oranında üretilir.                                                                           |
| <i>Lactobacillus casei</i>         | Laktozu çok iyi bir şekilde fermente edebilir.                                                                                                                                                      |
| <i>Lactobacillus xylosus</i>       | Besin kaynağı gerekli olduğu durumda sellobiozu kullanır: n-glikoz, D-ksiloz ve L-arabinozu kullanmaktadır.                                                                                         |
| <i>Lactobacillus pentosus</i>      | Homokatalitik fermentasyon sağlar, bazı alt türleri sülfid atık çözeltisinden laktik asit üretebilir.                                                                                               |
| <i>Lactobacillus plantarum</i>     | Sellobiozu glikoz, ksiloz ve arabinozdan daha hızlı bir şekilde tüketir, pektinleri depolimerize etmiş gibi görünür, tarımsal atıklardan laktik asit üretir.                                        |
| <i>Zymomonas mobilis</i>           | Normal olarak glikoz ve fruktozu fermente eder, ksiloz fermentasyonu üzerine araştırmalar devam etmektedir.                                                                                         |

*E. coli* ise ksiloz fermente edici bir bakteri türü olup, son yıllarda fermentasyon amacıyla tercih edilebilmektedir. Etanolojen *Z. mobilis* bir takım avantajlarına rağmen yalnızca glikoz, fruktoz ve sakkarozun dönüşümünü sağladığı için biyokütlenin dönüşümünde tam olarak yeterli bir tür olmamaktadır. Ancak son on yıl içinde NRRL (Enerji Departmanı, USA)'de yapılan bazı çalışmalar ksiloz ve arabinoz fermente edici türlerin varlığını ortaya koymuştur (Dien ve ark., 2003). *E. coli* ve *K. oxytoca* arabinozu doğal bir şekilde metabolize etmekte olup, öyle ki etanolojenik bu türler tüm lignoselüloz türevli şekerleri fermente edebilmektedirler (Hahn-Hagerdal ve ark., 2006).

*K. oxytoca* ise enterik bir bakteri türü olup kağıt ve kağıt hamurunda gelişme gösterdiği gözlemlenmiştir. Bu bakteri pH 5.0 ve 308 K, 35 °C sıcaklıkta gelişme gösterme kapasitesine sahip olup, sellobioz ve sellotrioz kadar heksoz ve pentoz içeren şekerler de etkili olmaktadır.

*E. coli* ve *K. oxytoca*, *Z. mobilise* nazaran daha fazla şeker substratı üzerinde etkin olmaktadır (Dien ve ark., 2003).

Son yıllarda ise, bakterilerle etanol fermentasyonunun (özellikle pentozların etanole fermentasyonu) sınırlı düzeyde gerçekleşmesi nedeniyle, bakteriler üzerinde genetik çalışmalar yapılarak (bakterilerin genleri ile oynanarak) özellikle 5-karbonlu şekerleri fermente etme yetenekleri artırılmaya çalışılmaktadır. Nichols ve ark. (2001) glikoz fosfo-transferans (ptsG) mutasyonuna sahip etanolojenik *E. coli* türleri ile yaptıkları çalışmalarda mutantların karışık şekerleri (glikoz, ksiloz, arabinoz) sıralı olmaktan ziyade eş zamanlı olarak %87-94 verimlerde etanol fermente edebildiklerini göstermişlerdir. Martinez ve ark. (1999) ise daha yüksek gen dozajları (plasmidler) kullanarak etanolojenik rekombinant *E. coli* kompleks besinlerine olan gereksinimi ortadan kaldırmışlardır. Bunun dışında %6 oranına kadar etanol üretebilen rekombinant *E. coli* mutantları geliştirilmiştir (Yomano ve ark., 1998). Rekombinant *Z. mobilis* içine aktarılmış olan dört gen sayesinde tek karbon kaynağı olarak ksiloz üzerinde yetişmekte ve teoritik verimin %86'sı ölçüsünde etanol üretmektedir (Zhang ve ark., 1995). Deng ve Ho (1990) pentoz fosfat yolu (pentose phosphate pathway-PPP) aracılığıyla fosforilasyonun ksiloz metabolizması için önemli bir adım olduğunu ortaya koymuşlardır. *S. cerevisiae*'den elde edilen XKS1 (ksilokinaz) ve *P. stipitis*'den elde olunan XYL1 ve XYL2 heterolog genleri *Saccharomyces uvarum* ve *Saccharomyces diastaticus*'un eşleştirilmesiyle elde edilen hibrit mayaya aktarıldığında sadece ksilozun üzerinde yetiştirme kapasitesine sahip olabilen *Saccharomyces pLNH32* türü elde edilmiştir. Eliasson ve ark. (1990) XYL1-XYL2-XYLS1 kasetinin tek kopyasını *S. cerevisiae* kromozomuna yerleştirerek *TMB3001* rekombinant suşunu elde etmişlerdir. Bu tür minimal ortam kullanarak sürekli kültürle üretim gerçekleştirildiğinde sırasıyla 0.47 ve 0.21 (gg<sup>-1</sup>h<sup>-1</sup>) oranlarında glikoz ve ksiloz üretebilmektedir. Sedlak ve Ho (2001) ise *S. cerevisiae*'deki *E.coli* arabinoz metabolize edici genlerini [arab (L-ribulokinaz), araA (L-arabinoz isomeraz) ve araD (L-ribuloz-5-fosfat)] klonlayarak araBAD operonlarına dönüştürmüşlerdir; ancak elde edilen rekombinant organizma arabinozdan gözle görülür miktarda etanol üretememiştir. Zhang ve ark. (1998) ksiloz ve arabinoz metabolize edici genleri ve PPP genlerini klonlayarak *Z. mobilis* (*PZB301*) e aktarmışlar ve rekombinat bir suş oluşturmuşlardır. Bu rekombinant tür ksiloz ile arabinozdan oluşam şeker karışımında 30 °C'de 80-100 saat arasında %82-84 teoritik verimle etanole fermente etme becerisi göstermiştir. Richard ve ark. (2002) *S. cerevisiae*'deki L-arabinoz katabolik yolundaki tüm beş enziminin (aldoz reduktaz, L-arabinitol 4-dehidrogenaz, L-ksiluloz reduktaz, ksilitol dehidrogenaz ve ksilokinaz) aşırı üretimi ile *S. cerevisiae*'nin L-arabinoz üzerinde büyüme yeteneği kazandığını ortaya koymuşlardır. Ön muamele süresince ortaya çıkan yaygın fermentasyon inhibitörlerine tolere etme ve hemiselüloz biyokütlesinden rekabetçi ve ekonomik fuel-etanol elde etme becerisine sahip güçlü, etanol toleranslı, istikrarlı rekombinant etanolojenik organizmalar gelecek için büyük öneme sahiptirler.

Fermentasyon işlemi amacıyla en fazla kullanılan mikroorganizmalardan biride mayalardır. *Saccharomyces cerevisiae*, heksozlardan yüksek biyoetanol üretimi sağlaması ve lignoselülozik biyokütlenin asit hidrolizatlarında biyoetanol ve diğer inhibitör bileşikler yüksek toleransı nedeniyle biyoetanol üretiminde kullanılan en etkin maya türüdür; ancak bu maya ksiloz ve arabinoz gibi şekerleri etanole fermente edememektedir. *Pachysolen tannophilus*, *Pichia stipitis* ve *Candida shehate* mayaları ise doğal olarak (doğal yapılarıyla) ksilozu etanole fermente etme kapasitesine sahiptirler (Wang ve ark., 1980; Schneider ve ark., 1981; Bothast ve Saha, 1997). Ksilozdan etanol üretiminde bu mayaların kullanımını; mayaların düşük etanol toleransı, uzun fermentasyon süresi, optimal seviyede oksijen ile besleme oranının kontrolündeki zorluk ve ayrıca lignoselülozik materyalin ön muamele veya hidrolizi süresince oluşan inhibitörler hassas olmaları gibi faktörler sınırlamaktadır. Bununla birlikte izomeraz enzimleri kullanılarak ksiloz ksiluloza dönüştürülebilir ve ksilulozda ticari

mayalar kullanılarak etanole dönüştürülebilir (Gong ve ark., 1981; Hahn-Hagerdal ve ark., 1986); ancak bu yöntem maliyet açısından uygun değildir. Arabinoz ise hemiselüloz hidrolizatlarında kaynağa bağlı olarak var olan bir diğer 5-karbonlu şekerdir ve yalnızca birkaç maya türü arabinozu etanole fermente edebilir (Chen ve Gongi, 1985; Dien ve ark., 1996). Görüldüğü üzere doğal olarak bulunan hiçbir maya türü tüm şekerleri etanole fermente edememektedir.

Mikroorganizmaların biyoetanol fermentasyonu performans parametrelerine (sıcaklık aralığı, pH aralığı, alkol toleransı, gelişme oranı, verimlilik, ozmotik tolerans, özgüllük, verim, genetik stabilite ve inhibitör toleransı) ve diğer gereksinimlerine (var olan ürünlerle uyum, yöntem ve donanım) bağlı olarak değişim göstermektedir (Demirbaş, 2004). Bir organizma hayatta kalabilmek amacıyla mutlak suretle pH dengesini sürdürebilmelidir, öyle ki çoğu bakteri 6.5-7.5 gibi dar bir pH aralığına gelişim gösterebilmektedir (Aminifarshidmehr, 1996). Mayalar ve mantarlar ise 3.5-5.0 gibi daha geniş bir pH aralığına tolere edebilmektedirler. Bundan başka organizmaların çoğu %10-15 (w/v)'ten yüksek biyoetanol konsantrasyonlarını tolere edememektedirler (Anonim, 2008c).

Fermentasyon işlemi kesintili veya kesintisiz sistemlerden oluşabilmektedir. En uygun yöntemin seçilmesi ise mikroorganizmaların kinetik özelliklerine, lignoselülozik hidrolizatın tipine ve yöntemin ekonomikliğine bağlıdır (Chandel ve ark., 2007). “Kesikli beslemeli-fed batch” (kültürün gelişimi için besin ilavesinin yapıldığı kesintili sistemler) fermentasyon reaktörleri kesintili ve kesintisiz yöntemlerin her ikisine nazaran sağladığı faydalarla endüstriyel olarak uygulama alanı bulmuştur (Saarela ve ark., 2003). Fed-batch sistemi biyoreaktörde yüksek hücre yoğunluğuna ulaşmak amacıyla uygulanır. Çoğunlukla besin solüsyonu biyoreaktörün dilüsyonunu önlemek amacıyla konsantre halinde uygulanır ve kontrollü olarak ilave edilen besin, kültürü gelişimini direk olarak etkiler. Ayrıca sisteme yapılan besin ilavesi, çeşitli metabolitlerin (*Escherichia coli* için asetat, hücre kültürlerinde laktik asit, *S. cerevisiae*' de etanol gibi yan metabolitlerin oluşumu) aşırı birikimini engellemektedir. Genel olarak kültürün gelişimini kısıtlayan glikoz olup, kültüre konsantre glikoz şurubu olarak eklenmektedir (600-850 G/L). Fed-batch sisteminin batch (kesintili) sisteme kıyasla en önemli avantajı hücre konsantrasyonunu arttırması, kültürün yaşam sürecini uzatması ve yüksek konsantrasyonlara ulaşmak için ürünlerin kümelenmesine izin vermesidir (Frison ve Memmert, 2002).

#### **4.4. Ethanol Eldesi/Distilasyon**

Biyokütlenin hidrolizi ve fermentasyonunda ilerleyen teknolojik gelişmeler ve ticari uygulanabilirlik çalışmaları yanında, fermentasyon sonucunda elde edilen ürünlerin toplanması üzerine de gerekli çalışmaların yapılması önem arz etmektedir, öyle ki fermentasyon ürünleri çoğunlukla sudan daha uçucu olup, toplanmaları daha çok distilasyon yoluyla yapılmaktadır. Fermentasyon sonucu oluşan ve uçucu ürünleri içeren süspansiyon halindeki materyalden ürünlerin toplanmasında ticari olarak geliştirilmiş distilasyon teknolojisi oldukça yaygın bir şekilde kullanılmaktadır (Madson ve Lococo, 2000). Distilasyon sistemiyle sıvı karışım içinde biyoetanol sudan ayrılabilir. İşlenmemiş biyoetanolün su içeriği ise genel olarak %80'den fazladır. Etanolü %95.6 konsantrasyonuna (etanölün suyla eş kaynar karışımı) ulaştırmak amacıyla oldukça yüksek enerji gereksinimi vardır.

## 5. Dünya’da ve Ülkemizde Biyoetanolün Stratejik Önemi

1970’lerin başında Brezilya’nın öncülüğünde başlayan biyoetanol üretimi ve otomobillerde kullanımı 1980’lerde ABD’nin de üretime katılımı ile büyük ivme kazanmıştır. Biyoetanol kullanımının yaygınlaşması tarım sektörü için yüksek katma değerli yepyeni bir sanayi uygulaması başlatmıştır. Biyoetanolün içeriğindeki yüzde 35 oksijenden dolayı motorlarda benzinin yerine kullanıldığı oranda zehirli egzoz gazlarının emisyonunu azaltmaktadır. Biyoetanol kullanımının artması petrol ve petrol türevi ürünlerin ithalatını azaltmaktadır. Özellikle yerli tarım ürünü kullanan ülkeler, biyoetanol üretimi ile yaratılan katma değerini tamamını ülkelerinde alıkoymaktadırlar. Yenilenebilir enerji kaynaklarının içinde en yüksek üretim potansiyeline sahip olan biyoetanol tüm anılan özellikleri açısından üretici ülkeler için stratejik önem arz etmektedir.

Biyoetanolün benzine karışım oranı %10 düzeyinde olan ABD’de, E85 (%85 biyoetanol+%15 benzin) uygulaması hedeflenmektedir. Ayrıca hava kirliliğinin azaltılması için biyoetanol kullanımı yasal düzenlemelerle zorunlu hale getirilmiştir (Kavruk ve Atalay, 2007). Halen şeker kamışından yaptığı biyoetanol üretimi ile dünyadaki en düşük üretim maliyetine sahip olan Brezilya, 2006 yılında 13 milyon ton biyoetanol üretimi gerçekleştirmiştir. Biyoyakıt üretiminde Hindistan, ekolojisine uygun Jatropha bitkisine yoğunlaşmıştır. Dolayısıyla mevzuatını ve araştırmalarını bu doğrultuda düzenlemiştir (Anonim, 2007a). Uzakdoğu’da hızla artan biyoetanol üretiminde başı Çin çekmektedir. Hızla büyüyen Çin ekonomisinin enerji ihtiyacı da artmaktadır. Bu doğrultuda kendi kaynaklarına yönelik ulusal biyoyakıt politikasını kararlılıkla uygulamaktadır (Anonim, 2007b). Öte yandan Japonya özellikle Brezilya’da üretim tesisleri satın almaktadır (Anonim, 2010a). Yeni Zelanda hemen hemen tüm peynir üretiminden gelen atıksularından biyoetanol üretmekte ve yoğun enerji talebi olan Japonya ve Singapur’a ihraç etmektedir (Anonim, 2010b).

Avrupa Birliği, 2003 yılında yayınladığı direktif ile 2010 yılında tüm üye ülkelerde biyoyakıt kullanımını %5.75 (petrol eşdeğeri) olarak hedeflemiş ancak 2006 yılında yapılan değerlendirmeler sonucunda söz konusu hedefin yetersiz kalacağı tespit edilince, 8-9 Mart 2007’de toplanan Başkanlık Konseyi yeni bir direktif teklifini onaylayarak hem biyoyakıt kullanımını zorunlu kılmaya karar vermiş hem de yeni hedefi 2020 yılında yüzde 10 olarak belirlemiştir. Avrupa Birliği, aynı çalışma neticesinde teknik alanda da biyoetanol kullanımının artmasını kısıtlayan benzin standartlarında revizyona gitmiştir. Avrupa Birliği’nde 2006 biyoetanol üretimi 2.7 milyon ton olmuştur. Avrupa Birliği stratejik öneme haiz biyoetanol üretiminde bir miktar geride kalmış olsa da, özellikle tarım sektörü büyük olan üye ülkelerin tamamında yeni üretim tesisleri inşa halindedir (Anonim, 2010a).

2004 yılından bu yana Türkiye’de üretilmekte olan biyoetanol halen yürürlükteki ÖTV uygulaması nedeniyle benzine yüzde 2 oranında harmanlanabilmektedir. Önümüzdeki günlerde biyoetanol karışım oranına gelecek düzenlemelere bağlı olarak, ülkemizdeki tüketim miktarının artacağı beklenmektedir. Ayrıca dizel araçlarda %15 oranına kadar biyoetanol kullanılmaya başlanılmıştır.

Türkiye, dünyanın sekizinci büyük tarım ürünleri üreticisi olarak yılda 19 milyon ton buğday ve 3.5 milyon ton mısır üretimini gerçekleştirmektedir. Bu tarım potansiyeline rağmen vergilendirme nedeni ile Türkiye yılda 132.000 m<sup>3</sup>’lük bir üretim kapasitesine sahiptir. Bu ise Avrupa Birliği toplamının yaklaşık yüzde 5’ini ifade etmektedir (Anonim, 2010c).

Türkiye biyoetanol pazarının büyümesi, Avrupa Birliği’nde hedeflenen harmanlama oranına Türkiye’de de izin verilmesi ile olacaktır. Bu ise Türkiye’de ÖTV mevzuatının değiştirilmesi ile mümkündür. Türkiye’nin Avrupa Birliği’nin yeni tesis ettiği ve zorunlu olan



yüzde 10 biyoetanol kullanım hedefini yakalaması halinde ise yurt içi olası pazar büyüklüğü 345,000 m<sup>3</sup>/yıl olacaktır.

## 6. Sonuç ve Öneriler

Enerji talebinin büyük bir bölümünü ithalatla karşılayan ülkemizde, sürdürülebilir enerjinin sağlanması için yenilenebilir enerji kaynaklarından biri olan biyoetanol üretimi önemli ve büyük bir potansiyel oluşturmaktadır. Artan nüfusa bağlı olarak gıda ve enerjiye olan gereksinim her geçen gün artmakta ve bu konu özellikle ülkemiz için çok daha fazla önem arz etmektedir.

Biyoyakıt sektörü ülkemiz için ekonomik ve sosyal anlamda büyük bir fırsat taşımakta olup, bu sektörün gelişmesiyle ülkemizde yenilenebilir hammadde kaynaklarına ve dolayısıyla tarım alanlarına daha fazla yönelim gerçekleşecek ve bu sayede hem enerji sektörü hem de tarım ve ormancılık sektörüne büyük katkı sağlanacaktır. Yerli hammadde ile standartlara uygun olarak üretilebilecek biyoyakıtlar ülke ekonomisine olduğu kadar daha refah bir kırsal kesim yaşantısına da olanak sağlayacaktır. Gerek hammadde imkanları gerekse yerli sanayi imkanları kullanılarak üretilen biyoyakıtların ulusal ve uluslar arası ticareti ülkemizde önemli bir katma değer yaratabilir. Ancak mevcut potansiyeli iyi değerlendirmenin yolu bu adımda atılabilecek iyi bir vizyondan geçmektedir. Şöyle ki, küresel ısınma ve buna bağlı iklim değişikliği nedeniyle ekilebilir alanların azalması yada az gelişmiş veya gelişmekte olan ülkelerin tarımda vizyon eksikliği, öngörülükleri ve yönetim zafiyetleri mevcut hammadde kaynakları ne kadar fazla olursa olsun etkin ve verimli bir üretimin gerçekleşmesine engel olacaktır. Yapılabilecek düzenlemeler ve alınabilecek önlemler sayesinde ülkemiz tarımına yeni ve katma değeri yüksek bir sektör kazandırılmış olacak hemde tarım ürünlerimiz çeşitlendirilmiş olacaktır. Öte yandan akaryakıt fiyatlarındaki artışlar tarımsal üretimdeki maliyeti doğrudan etkilemektedir. Dolayısıyla biyoetanol kullanımının tarım sektörüne getirdiği büyük katma değer ve petrol ithalatını azaltıcı etkisi göz önüne alınarak yerli tarım ürünlerinden üretilen biyoetanolün ÖTV muafiyeti olabildiğince artırılmalıdır.

Son zamanlarda yapılan çalışmalarda odun biyokütlesi yerine farklı hammadde kaynaklarından (nişasta içerikli tüm bitkisel kaynaklar-tarımsal atık, yıllık bitki vb.) biyoetanol üretimi üzerine birçok çalışma yapıldığı ve bu çalışmaların o ülkelerin hükümetleri tarafından desteklendiği ve biyoyakıt pazarını genişletmek için yasal çalışmalar sürdürdükleri görülmektedir. Fosil kökenli yakıt kaynaklarının yerine günümüzde sağladığı avantajlarıyla özellikle enerji sektöründe bir devrim haline gelen biyoetanol üretiminin odun biyokütlesi yerine farklı yenilenebilir hammadde kaynaklarından sağlanabiliyor olması özellikle bu sektör ve ülke ekonomisi için ikinci büyük devrimdir. Yıllık bitki ve tarımsal atıkların bu sektörde değerlendirilmesiyle hem ormanlara olan talebin azalacağı hem de var olan potansiyelleri ile orman endüstrisinde ve enerji üretimi amaçlı kullanım alanlarında önemli bir boşluğu dolduracakları kesindir. Üretimde yada hammaddede yapılabilecek modifikasyonların biyoetanol verimi üzerindeki etkileri bilim adamlarınca sürekli çalışılmaktadır. Ülkemiz gibi gelişmekte olan ülkelerin bu denli verim artırıcı yaklaşımlara önem vermesi gerekmektedir.

## Kaynaklar

- Acaroğlu M., "Alternatif Enerji Kaynakları", ISBN, 975-6574-25-9, 208-209, 2003.
- Agbogbo F., Wenger K., "Effect Of Pretreatment Chemicals on Xylose Fermentation By *Pichia stipitis*", Biotechnol. Lett., 28, 2065–2069, 2006.
- Alizadeh H., Teymouri F., Gilbert T.I., et al., "Pretreatment of Switchgrass By Ammonia Fiber Explosion (AFEX)", Appl. Biochem. Biotechnol., 124, 1133–1141, 2005.
- Aminifarshidmehr N., "The Management of Chronic Suppurative Otitis Media with Acid Media Solution", Am. J. Otol., 17, 24–25, 1996.

- Anonim, 2007a. [http://www.ethanolindia.net/biodiesel\\_india.html](http://www.ethanolindia.net/biodiesel_india.html). [ulaşım Aralık 12, 2007].
- Anonim, 2007b. <http://www.biofuelsbusiness.com/country.asp>. [ulaşım Ocak 20, 2007].
- Anonim, 2008a. <http://www.abengoabioenergy.com/bioethanol>. [ulaşım Kasım 27, 2008.]
- Anonim (2008b). [www.ethanol-gec.org/information/briefing/20a](http://www.ethanol-gec.org/information/briefing/20a). [ulaşım Haziran 22, 2008.]
- Anonim, 2008c. [www.p2pays.org/ref/38/37753](http://www.p2pays.org/ref/38/37753). [ulaşım Mayıs 23, 2008].
- Anonim (2010a). <http://www.gidasanayii.com/> [ulaşım Haziran 21, 2010].
- Anonim (2010b). [://www.tarimmerkezi.com/yazar\\_kose.php?hid=29707](http://www.tarimmerkezi.com/yazar_kose.php?hid=29707) [ulaşım Haziran 21, 2010].
- Anonim (2010c). <http://www.konyaseker.com.tr> [ulaşım Temmuz 28, 2010].
- Anonim (2011). <http://tr.wikipedia.org/wiki/Sakkaroz> [ulaşım Mayıs 24, 2011].
- Bachmann S.L., McCarthy A.J., “Purification and Cooperative Activity of Enzymes Constituting The Xylan-Degrading System of *Thermomonospora fusca*”, *Appl. Environ. Microbiol.*, 57, 2121–2130, 1991.
- Badger P.C., “Ethanol from Cellulose: A General Review. In: Janick J, Whipkey A, editors. *Trends In New Crops and New Uses*. Alexandria, VA: ASHS Press, 17–21, 2002.
- Balat M., Balat H., Öz C., “Progress In Bioethanol Processing”, *Progress In Energy And Combustion Science*, 34, 551–573, 2008.
- Ballesteros I., Ballesteros M., Cabañas A., et al., “Selection of Thermotolerant Yeasts for Simultaneous Saccharification and Fermentation Process (SSF) Of Cellulose To Ethanol”, *Appl. Biochem. Biotechnol.*, 28–29, 307–315, 1991.
- Bertilsson M., “Simultaneous Saccharification and Fermentation of Spruce—A Comparison of Pretreatment Conditions and Different Enzyme Preparations”, Master Thesis, Department of Chemical Engineering, Lund University, Lund, Sweden, 2007.
- Bothast R.J., Saha B.C., “Ethanol Production from Agricultural Biomass Substrates”, *Adv. Appl. Microbiol.*, 44, 261–286, 1997.
- Brink D.L., “Method of Treating Biomass Material”, US Patent 5221357, 1993.
- Brownell H.H., Saddler J.N., “Steam Explosion Pretreatment for Enzymatic Hydrolysis”, *Biotechnol. Bioeng. Symp.*, 14, 55–68, 1984.
- Brownell H.H., Saddler J.N., “Steam Pretreatment of Lignocellulosic Material for Enhanced Enzymatic Hydrolysis”, *Biotechnol. Bioeng.*, 29, 228–235, 1987.
- Coughlan M.P., Hazlewood G.P., “B-1,4-Xylan-Degrading Enzyme Systems: Biochemistry, Molecular Biology and Applications”, *Biotechnol. Appl. Biochem.*, 17, 259–289, 1993.
- Cao N.J., Krishnan M.S., Du J.X., et. al., “Ethanol Production From Corn Cob Pretreated By The Ammonia Steeping Process Using Genetically Engineered Yeast”, *Biotechnol. Lett.*, 18, 1013–1018, 1996.
- Cardona C.A., Sanchez O.J., “Fuel Ethanol Production: process Design Trends And Integration Opportunities”, *Bioresource Technol.*, 98, 2415–2457, 2007.
- Champagne P., “Feasibility of Producing Bio-Ethanol from Waste Residues: A Canadian Perspective, Resources”. *Conserv. Recycl.*, 50, 211–230, 2007.
- Chandel A.K., Es C., Rudravaram R., et. al., “Economics and Environmental Impact of Bioethanol Production Technologies: An Appraisal”, *Biotechnol Molec. Biol. Rev.*, 2, 14–32, 2007.
- Chen L.F., Gong C.S., “Fermentation of Sugarcane Bagasse Hemicellulose Hydrolyzate to Xylitol By A Hydrolyzate-Acclimatized Yeast”, *J. Food Sci.*, 50, 226–228, 1985.,
- Chen Y., Sharma-Shivappa R.R., Chen C., “Ensiling Agricultural Residues for Bioethanol Production”, *Appl. Biochem. Biotechnol.*, 143, 80–92, 2007.
- Christov L.P., Myburgh J., van Tonder A., et. al., “Hydrolysis of Extracted and Fiber-Bound Xylan with *Aureobasidium pullulans* Enzymes”, *J. Biotechnol.*, 55, 21–29, 1997.

- Dale M.C., Moelhman M., “Enzymatic Simultaneous Saccharification and Fermentation (SSF) of Biomass to Ethanol in A Pilot 130 L Multistage Continuous Reactor Separator”, Ninth Biennial Bioenergy Conference, Buffalo, New York, October 15–19, 2000.
- Demirbas A., “Ethanol from Cellulosic Biomass Resources”, *Int. J. Gren. Ener.*, 1, 79–87, 2004.
- Demirbas A., “Global Biofuel Strategies”. *Energy Edu. Sci. Technol.*, 17, 32–63, 2006.
- Demirbas A., “Bioethanol from Cellulosic Materials: A Renewable Motor Fuel from Biomass” *Energy Sources.*, 27, 327–337, 2005.
- Demirbas A., “Progress and Recent Trends in Biofuels”, *Prog. Energy Combust Sci.*, 33, 1–18, 2007.
- Deng X.X., Ho N.W.Y., “Xylulokinase Activity in Various Yeasts Including *Saccharomyces cerevisiae* Containing The Cloned Xylulokinase Gene”, *Appl. Biochem. Biotechnol.*, 24/25, 193–199, 1990.
- Dien B.S., Kurtzman C.P., Saha B.C., et. al., “Screening for L-Arabinose Fermenting Yeasts”, *Appl. Biochem. Biotechnol.*, 57/58, 233–242, 1996.
- Dien B.S., Cotta M.A., Jeffries T.W., “Bacteria Engineered for Fuel Ethanol Production: Current Status”, *Appl. Microbiol. Biotechnol.*, 63, 258–266, 2003.
- Doner L.W., Hicks K.B., “Isolation of Hemicellulose from Corn Fiber By Alkaline Hydrogen Peroxide Extraction”, *Cereal. Chem.*, 74, 176–181, 1997.
- Duff S.J.B., Murray W.D., “Bioconversion of Forest Products Industry Waste Cellulosics to Fuel Ethanol: A Review”, *Bioresour. Technol.*, 55, 1–33, 1996.
- Eda S., Ohnishi A., Kato K., “Xylan Isolated from The Stalk of *Nicotiana tabacum*”, *Agric. Biol. Chem.*, 40, 359–364, 1976.
- Eggeman T., Elander R.T., “Process and Economic Analysis of Pretreatment Technologies”, *Bioresource Technol.*, 96, 2019–2025, 2005.
- Eklund R., Zacchi G., “Simultaneous Saccharification and Fermentation of Steam-Pretreated Willow”, *Enzyme Microb. Technol.*, 17, 255–259, 1995.
- Eliasson A., Christensson C., Wahborn C.F., et. al., “Anaerobic Xylose Fermentation By Recombinant *Saccharomyces cerevisiae* Harboring XYL1, XYL2 and XKS1 in Mineral Media Chemostat Cultivations”, *Appl. Environ. Microbiol.*, 66, 3381–3386, 2000.
- Filho E.X.F., Touhy M.G., Pulls J., et. al., “The Xylan-Degrading Enzyme Systems of *Penicillium capsulatum* and *Talaromyces emersonii*”, *Biochem. Soc. Trans.*, 19, 25S, 1991.
- Frison A., Memmert K., “Fed-Batch Process Development for Monoclonal Antibody Production With Cellferm-Pro”, *Genetic Eng. News.*, 22, 66–67, 2002.
- Galbe M., Zacchi G., “A Review of the Production of Ethanol from Softwood”, *Appl. Microbiol. Biotechnol.*, 59, 618-628, 2002.
- Gilbert H.J., Hazlewood G.P., “Bacterial Cellulases and Xylanases”, *J. Gen. Microbiol.*, 139, 187–194, 1993.
- Gong C.S., Chen L.F., Flickinger M.C., et. al., “Production of Ethanol from D-Xylose By Using D-Xylose Isomerase and Yeasts”, *Appl. Environ. Microbiol.*, 41, 430–436, 1981.
- Granstorm T., Ojama H., Leisola M., “Chemostat Study of Xylitol Production By *Candida guilliermondii*”, *Appl. Microbiol. Biotechnol.*, 55, 36–42, 2001.
- Gurgel P.V., Manchilha I.M., Pecanha R.P., et. al., “Xylitol Recovery from Fermented Sugarcane Bagasse Hydrolyzate”, *Bioresour. Technol.*, 5, 219–223, 1995.

- Gusakov A.V., Sinitsyn A.P., Salanovich T.N., et. al., “Purification, Cloning and Characterisation Of Two Forms of Thermostable and Highly Active Cellobiohydrolase I (Cel7A) Produced By The Industrial Strain of *Chrysosporium lucknowense*”, *Enzyme Microb. Technol.*, 36, 57–69, 2005.
- Güler C., Akgül M., “Enerji Üretiminde Odun ve Tarımsal Artıkların Değerlendirilmesi”, *Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu ve Sergisi, Kayseri*, 2001, 265-272.
- Hahn-Hagerdal B., Berner S., Skoog K., “Improved Ethanol Production from Xylose with Glucose Isomerase and *Saccharomyces cerevisiae* Using Respiratory Inhibitor Azide”, *Appl. Microbiol. Biotechnol.*, 24, 287–293, 1986.
- Hahn-Hagerdal B., Galbe M., Gorwa-Grauslund M.F., et. al., “Bio-Ethanol—The Fuel of Tomorrow From The Residues of Today”, *Trends Biotechnol.*, 24, 549–556, 2006.
- Hamelinck C.N., van Hooijdonk G., Faaij A.P.C., “Prospects for Ethanol from Lignocellulosic Biomass: Techno-Economic Performance As Development Progresses”, *Scientific Report- NWS-E-2003-55*, Utrecht University, Utrecht, The Netherlands: Copernicus Institute, Department of Science, Technology and Society, 2003, 35pp.
- Hamelinck C.N., van Hooijdonk G., Faaij A.P.C., “Ethanol From Lignocellulosic Biomass: Techno-Economic Performance in Short-, Middle- and Long-Term”, *Biomass Bioenergy*, 28, 384–410, 2005.
- Heikinheimo L., “*Trichoderma reesei* Cellulases In Processing of Cotton”, Espoo 2002, VTT Publications 483, VTT Technical Research Centre of Finland, 2002.
- Howard R.L., Abotsi E., van Rensburg E.L.J., et. al., “Lignocellulose Biotechnology: Issues of Bioconversion and Enzyme Production”, *Afr. J. Biotechnol.*, 2, 602–619, 2003.
- Hussein M.Z.B., Rahman M.B.B.A., Yahaya A.H.J., et. al., “Oil Palm Trunk As A Raw Material for Activated Carbon Production”, *J. Porous Mater.*, 8, 327–334, 2001.
- Indacoechea I., Bolado S., Garcı́a-Cubero M.T., et. al., “Pretreatment Processes of Lignocellulosic Material for Bioethanol Conversion: Ozonolysis”, *17th International Congress of Chemical and Process Engineering*, Chisa, Prague, 2006.
- Jeffries T.W., Jin Y.S., “Ethanol and Thermotolerance in The Bioconversion of Xylose By Yeasts”, *Adv. Appl. Microbiol.*, 47, 221–268, 2000.
- Jeoh T., “Steam Explosion Pretreatment of Cotton Gin Waste for Fuel Ethanol Production”, *Master’s Thesis*, Virginia Tech. University, VA, 1998.
- Karaosmanoğlu, F., “Biyoyakıt Teknolojisi ve İTÜ araştırmaları”, *ENKÜS 2006- İTÜ Enerji Çalıştayı ve Sergisi*, İstanbul, 22-23 Haziran 2006.
- Karimi K., Emtiazi G., Taherzadeh M.J., “Ethanol Production from Dilute-Acid Pretreated Rice Straw By Simultaneous Saccharification and Fermentation with *Mucor indicus*, *Rhizopus oryzae*, and *Saccharomyces cerevisiae*”, *Enzyme and Microbial Technology*, 40, 138–144, 2006.
- Katahira S., Mizuike A., Fukuda H., et. al., “Ethanol Fermentation from Lignocellulosic Hydrolysate By A Recombinant Xylose- and Cellooligosaccharide-Assimilating Yeast Strain”., *Appl. Microbiol. Biotechnol.*, 72, 1136–1143, 2006.
- Kavruk H.R., Atalay A., “Enerji Tarımına Geçiş Sürecinde Biyoyakıtlara Bakış ve Bakanlığımız Politikaları”, *4. Yeni ve Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu, TMMOB Makine Mühendisleri Odası, Kayseri Şubesi*, 23-24 Kasım 2007, Kayseri, 2007, 71-80.
- Kim K.H., Hong J., “Supercritical CO<sub>2</sub> Pretreatment of Lignocellulose Enhances Enzymatic Cellulose Hydrolysis”, *Bioresource Technol.*, 77, 139–144, 2001.
- Knauf M., Moniruzzaman M., “Lignocellulosic Biomass Processing: A Perspective”, *Int. Sugar J.*, 106, 147–150, 2004.

- Kormelink F.J.M., Voragen A.G., “Degradation of Different [(glucurono)arabino]Xylans by A Combination of Purified Xylan-Degrading Enzymes”, *Appl. Microbiol. Biotechnol.*, 38, 688–695, 1993.
- Kurakake M., Kisaka W., Ouchi K., et. al., “Pretreatment with Ammonia Water for Enzymatic Hydrolysis of Corn Husk, Bagasse, And Switchgrass”, *Appl. Biochem. Biotechnol.*, 90, 251–259, 2001.
- Kurakake M., Ouchi K., Kisaka W., et. al., “Production of L-Arabinose And Xylose from Corn Hull And Bagasse”, *J. Appl. Glycosci.*, 52, 281–285, 2005
- Leathers T.D., Gupta S.C., “Saccharification of Corn Fiber Using Enzymes from *Aureobasidium sp.* Strain NRRL Y-2311- 1”, *Appl. Biochem. Biotechnol.*, 59, 337–347, 1997.
- Lee S.F., Forsberg C.W., “Purification and Characterization of An A-L-Arabinofuranosidase from *Clostridium acetobutylicum ATCC 824*”, *Can. J. Microbiol.*, 33, 1011–1016, 1987.
- Lee Y.J., “Oxidation Of Sugarcane Bagasse Using A Combination of Hypochlorite and Peroxide”, Master’s Thesis, Department of Food Science, Graduate Faculty of the Louisiana State University and Agricultural and Mechanical College, 2005.
- Li Y., Ruan R., Chen P.L., et. al., “Enzymatic Hydrolysis of Corn Stover Pretreated By Combined Dilute Alkaline Treatment and Homogenization”, *Trans. ASAE.*, 47, 821–825, 2004.
- Linoj Kumar N.V., Dhavala P., Goswami A., et. Al., “Liquid Biofuels In South Asia: Resources and Technologies”, *Asian Biotechnol. Develop. Rev.* 8, 31–49, 2006.
- Lu Y., Yang B., Gregg D., et. al., “Cellulase Adsorption and An Evaluation of Enzyme Recycle During Hydrolysis of Steam-Exploded Softwood Residues”, *Appl. Biochem. Biotechnol.*, 98–100, 641–654, 2001.
- Mabee W.E., Saddler J.N., Nielsen C., et. al., “Renewable-Based Fuels for Transport. In: Renewable Energy for Power and Transport”, *Riso Energy Report 5*, 47–50, 2006.
- Mabee W.E., Gregg D.J., Arato C., et. al., “Updates on Softwood-to-Ethanol Process Development”, *Appl. Biochem. Biotechnol.*, 129–132, 55–70, 2006.
- Madson P.W., Lococo D.B., “Recovery of Volatile Products from Dilute High-Fouling Process Streams”, *Appl. Biochem. Biotechnol.*, 84–86, 1049–1061, 2000.
- Mais U., Esteghlalian A.R., Saddler J.N., et. al., “Enhancing The Enzymatic Hydrolysis of Cellulosic Materials Using Simultaneous Ball Milling”, *Appl. Biochem. Biotechnol.*, 98–100, 815–32, 2002.
- Morjanoff P.J., Gray P.P., “Optimization of Steam Explosion As Method For Increasing Susceptibility of Sugarcane Bagasse to Enzymatic Saccharification” *Biotechnol. Bioeng.*, 29, 733–741, 1987.
- Martinez A., York S.W., Yomano L.P., et. al., “Biosynthetic Burden and Plasmid Limit Expression of Chromosomally Integrated Heterologous Genes (pdc, adhB) in *Escherichia coli*”, *Biotechnol Prog.*, 15, 891–897, 1999.
- McMillan J.D., “Bioethanol Production: Status and Prospects”, *Renew. Energy*, 10, 295–302, 1997.
- McMillan J.D., “Pretreatment of Lignocellulosic Biomass. In: Himmel M.E., Baker J.O., Overend R.P. (eds) *Enzymatic Conversion of Biomass for Fuel Production*”, American Chemical Society, Washington, D.C., 1993, 292–323.
- Mohagheghi A., Evans K., Chou Y.C., et. al., “Cofermentation of Glucose, Xylose, and Arabinose By Genomic DNA–Integrated Xylose/Arabinose Fermenting Strain of *Zymomonas mobilis AX101*”, *Appl. Biochem. Biotechnol.*, 98–100, 885–898, 2002.

- Mosier N.S., Ladisch C.M., Ladisch M.R., “Characterization of Acid Catalytic Domains for Cellulose Hydrolysis and Glucose Degradation”, *Biotechnol. Bioeng.*, 79, 610–618, 2002.
- Mosier N., Wyman C., Dale B., et. al., “Features of Promising Technologies for Pretreatment of Lignocellulosic Biomass”, *Bioresource Technol.*, 96, 673–686, 2005.
- Nichols N.N., Dien B.S., Bothast R.J., “Use of Catabolic Repression Mutants For Fermentation of Sugar Mixtures to Ethanol”, *Appl. Microbiol. Biotechnol.*, 56, 120–125, 2001.
- Nutt A., “Hydrolytic and Oxidative Mechanisms Involved in Cellulose Degradation”, *Acta Universitatis Upsaliensis, Digital Comprehensive Summaries of Uppsala Dissertations from the Faculty of Science and Technology* 185, Uppsala, 51pp, 2006.
- Oyekola O.O., “The Enzymology of Sludge Solubilisation Under Biosulphidogenic Conditions: Isolation, Characterisation and Partial Purification Of Endoglucanases”, *Masters Thesis, Rhodes University, Grahamstown, South Africa*, 2004.
- Pan X., Arato C., Gilkes N., et. al., “Biorefining of Softwoods Using Ethanol Organosolv Pulping: Preliminary Evaluation of Process Streams for Manufacture of Fuelgrade Ethanol and Co-Products”, *Biotechnol. Bioeng.*, 90, 473–81, 2005.
- Parajo J.C., Vázquez D., Alonso J.L., et. al., “Prehydrolysis of Eucalyptus Wood With Dilute Sulphuric Acid: Operation At Atmospheric Pressure”, *Holz. als Roh- und Werkstoff.*, 51, 357–363, 1993.
- Patel S.J., Onkarappa R., Ks S., “Fungal Pretreatment Studies on Rice Husk and Bagasse for Ethanol Production”, *Electron J. Environ. Agric. Food Chem.*, 6, 1921–6, 2007.
- Pongsawatmanit R., Temsiripong T., Suwonsichon T., “Thermal and Rheological Properties of Tapioca Starch and Xyloglucan Mixtures in The Presence of Sucrose”, *Food Res. Int.*, 40, 239–248, 2007.
- Poutanen K., Tenkanen M., Korte H., et. al., “Accessory Enzymes Involved in The Hydrolysis of Xylans. In: Leatham G.F., Himmel M.E. (eds) *Enzymes in Biomass Conversion*”, American Chemical Society, Washington, D.C., 426–436, 1991.
- Rahman S.H.A., Choudhury J.P., Ahmad A.L., et. al., “Optimization Studies on Acid Hydrolysis of Oil Palm Empty Fruit Bunch Fiber for Production of Xylose”, *Bioresource Technol.*, 98, 554–559, 2007.
- Ramirez S.E., “Long-Term Lime Pretreatment of Poplar Wood”, *Master’s Thesis, Texas A&M University*, 2005.
- Rao R.S., Jyothi C.P., Prakasham R.S., et. al., “Xylitol Production from Corn Fiber and Sugarcane Bagasse Hydrolysates By *Candida tropicalis*”, *Bioresource Technol.*, 97, 1974–1978, 2006.
- Richard P., Putkonen M., Vaananen R., et.a., “The Missing Link in The Fungal L-Arabinose Catabolic Pathway, Identification of The L-Xylulose Reductase Gene”, *Biochemistry*, 41, 6432–6437, 2002.
- Rivers D.B., Emert G.H., “Lignocellulose Pretreatment: A Comparison of Wet and Dry Ball Attrition”, *Biotechnol. Lett.*, 9, 365–368, 1987.
- Saarela U., Leiviska K., Juuso E., “Modelling of A Fed-Batch Fermentation Process”, *Control Engineering Laboratory. Department of Process And Environmental Engineering, University of Oulu, Report A No. 21*, 2003.
- Saha B.C., Bothast R.J., “Effect of Carbon Source on Production of A-L-Arabinofuranosidase By *Aureobasidium pullulans*”, *Curr. Microbiol.*, 37, 337–340, 1998.
- Saha B.C., Bothast R.J., “Purification and Characterization of A Novel Thermostable A-L-Arabinofuranosidase From A. colorvariant Strain of *Aureobasidium pullulans*”, *Appl. Environ. Microbiol.*, 64, 216–220, 1998.

- Saha B.C., Dien B.S., Bothast R.J., "Fuel Ethanol Production from Corn Fiber: Current Status and Technical Prospects", *Appl. Biochem. Biotechnol.*, 70–72, 115–125, 1998.
- Saha B.C., Bothast R.J., "Production Of Xylitol By *Candida peltata*", *J. Ind. Microbiol. Biotechnol.*, 22:, 633–636, 1999.
- Saha B.C., Bothast R.J., "Pretreatment and Enzymatic Saccharification of Corn Fiber" *Appl. Biochem. Biotechnol.*, 76, 65–77, 1999.
- Saha B.C., "Purification and Characterization of An Extracellular B-Xylosidase from A Newly Isolated *Fusarium verticillioides*", *J. Ind. Microbiol Biotechnol.*, 27, 241–245, 2001.
- Saha B.C., "Xylanase from A Newly Isolated *Fusarium verticillioides* Capable of Utilizing Corn Fiber Xylan", *Appl. Microbiol. Biotechnol.*, 56, 762–766, 2001.
- Saha B.C., "Production, Purification and Properties of Xylanase from A Newly Isolated *Fusarium proliferatum*", *Process Biochem.*, 37, 1279–1284, 2002.
- Saha B.C., Cotta M.A., "Ethanol Production from Alkaline Peroxide Pretreated Enzymatically Saccharified Wheat Straw", *Biotechnol. Prog.*, 22, 449–453, 2006.
- Saulnier L., Thibault J.F., "Ferulic Acid and Diferulic Acids As Components of Sugar-Beet Pectins and Maize Bran Heteroxylans", *J. Sci. Food Agric.*, 79, 396–402, 1999.
- Schneider H., Wang P.Y., Chan Y.K., et. al, "Conversion of D-Xylose Into Ethanol By The Yeast *Pachysolen tannophilus*", *Biotechnol. Lett.*, 3, 89–92, 1981.
- Sedlak M., Ho N.W.Y., "Expression Of E. coli araBAD Operon Encoding Enzymes for Metabolizing L-Arabinose in *Saccharomyces cerevisiae*", *Enzyme Microb. Technol.*, 2, 16–24, 2001.
- Shibuya N., Iwasaki T., "Structural Features of Rice Bran Hemicellulose", *Phytochemistry*, 24, 285–289, 1985.
- Silverstein R.A., "A Comparison of Chemical Pretreatment Methods for Converting Cotton Stalks to Ethanol", Master's Thesis (adv: R. Sharma), Biological And Agricultural Engineering, North Carolina State University, 2004.
- Silverstein R.A., Chen Y., Sharma-Shivappa R.R., et. al., "A Comparison of Chemical Pretreatment Methods for Improving Saccharification of Cotton Stalks", *Bioresource Technol.*, 98, 3000–3011, 2007.
- Stewart G.G., Russell I., "Biochemistry and Genetics of Carbohydrate Utilization By Industrial Yeast Strains", *Pure Appl. Chem.*, 59, 1493–1500, 1987.
- Sun Y., "Enzymatic Hydrolysis of Rye Straw and Bermudagrass for Ethanol Production", PhD thesis, Biological And Agricultural Engineering, North Carolina State University, 2002.
- Teixeira L.C., Linden J.C., Schroeder H.A., "Optimizing Peracetic Acid Pretreatment Conditions for Improved Simultaneous Saccharification and Co-Fermentation (SSCF) of Sugar Cane Bagasse To Ethanol Fuel", *Renew. Energy.*, 16, 1070–1073, 1999.
- Torget R., Hatzis C., Hayward T.K., et. al., "Optimization of Reverse-Flow, 2-Temperature, Dilute-Acid Pretreatment to Enhance Biomass Conversion to Ethanol", *Appl. Biochem. Biotechnol.*, 58, 85–101, 1996.
- Tucker M.P., Kim K.H., Newman M.M., et. al., "Effects Of Temperature And Moisture On Dilute-Acid Steam Explosion Pretreatment of Corn Stover and Cellulase Enzyme Digestibility", *Appl. Biochem. Biotechnol.*, 105, 165–178, 2003.
- Valjamae P., Pettersson G., Johansson G., "Mechanism of Substrate Inhibition in Cellulose Synergistic Degradation", *Eur. J. Biochem.*, 268, 4520–4526, 2001.
- Viikari L., Tenkanen M., Buchert J., et. al., "Hemicellulases for Industrial Applications. In: Saddler J.N. (ed) *Bioconversion of Forest and Agricultural Plant Residues*", CAB, Oxford, 1993, 131–182.

- Wang P.Y., Shopsis C., Schneider H., "Fermentation of A Pentose By Yeasts", *Biochem. Biophys. Res. Commun.*, 94, 248–254, 1980.
- Wyman C.E., "Biomass Ethanol: Technical Progress, Opportunities, and Commercial Challenges", *Annu. Rev. Energy Environ.*, 24, 189–226, 1999.
- Wong K.K.Y., Tan L.U.L., Saddler J.N., "Multiplicity Of B-1,4-Xylanase in Microorganisms: Functions And Applications", *Microbiol. Rev.*, 52, 305–317, 1988.
- Xiang Q., Lee Y.Y., Pettersson P.O., et. al., "Heterogeneous Aspects of Acid Hydrolysis of A-Cellulose", *Appl. Biochem. Biotechnol.*, 105–108, 505–514, 2003.
- Yaman S., "Pyrolysis of Biomass to Produce Fuels and Chemical Feedstocks", *Energy Convers. Manage.*, 45, 651–671, 2004.
- Yomano L.P., York S.W., Ingram L.O., "Isolation and Characterization of Ethanol Tolerant Mutants of *Escherichia coli K011* For Fuel Ethanol Production", *J. Ind. Microbiol.*, 20, 132–138, 1998.
- Yoosin S., Sorapipatana C., "A Study of Ethanol Production Cost for Gasoline Substitution in Thailand and Its Competitiveness", *Thammasat Int. J. Sci. Technol.*, 12, 69–80, 2007.
- Zarzycki A., Polska W., "Bioethanol production from sugar beet- European and Polish perspective", In: The first TOSSIE workshop on technology improvement opportunities in the european sugar industry, Ferrara, Italy, January 25–26, 2007.
- Zeikus J.G., Lee C., Lee Y.E., et. al., "Thermostable Saccharidases: New Sources, Uses, and Biodesign. In: Leatham G.F., Himmel M.E. (eds) *Enzymes in Biomass Conversion*", American Chemical Society, Washington, D.C., 1991, 36–51.
- Zerbe J.I., "Energy Properties of Wood. In: *Fuelwood Management and Utilization Seminar: Proceedings*", East Lansing, MI, USA; 1982, 6-13.
- Zhang M., Eddy C., Deanda K., et. al., "Metabolic Engineering of A Pentose Metabolism Pathway in Ethanologenic *Zymomonas mobilis*", *Science*, 267, 240–243, 1995.
- Zhang M., Chou Y., Picataggio S., et. al., "*Zymomonas mobilis* Strain for Xylose Utilization and Arabinose Fermentation", US Patent 5,843, 760, 1998.
- Zhang Y.H.P., Lynd L.R., "Toward An Aggregated Understanding of Enzymatic Hydrolysis of Cellulose: Noncomplexed Cellulase Systems", *Biotechnol. Bioeng.*, 88, 797–824, 2004.
- Zhang Y.H.P., Himmel M.E., Mielenz J.R., "Outlook for Cellulase Improvement: Screening and Selection Strategies", *Biotechnol. Adv.*, 24, 452–481, 2006.
- Zhang L., Wang T., Jiao S., et. al., "Effect of Steam-Explosion on Biodegradation of Lignin in Wheat Straw", 2007 ASAE Annual Meeting, Minneapolis, Minnesota, June 17–20, 2007, Paper number 077076.
- Zheng Y., Lin H.M., Wen, J., et. al., "Supercritical Carbon Dioxide Explosion As a Pretreatment for Cellulose Hydrolysis", *Biotechnol. Lett.*, 17, 845–850, 1995.
- Zheng Y.Z., Lin H.M., Tsao G.T., "Pretreatment of Cellulose Hydrolysis By Carbon Dioxide Explosion", *Biotechnol. Prog.*, 14, 890–896, 1998.





## Karadeniz Bölgesi'nde Kestane Kanseri (*Cryphonectria parasitica* (murr) barr.)'ne Karşı Hipovirüent İzolatlarla Biyolojik Savaşım Çalışmaları

Seçil AKILLI<sup>1</sup>, Çiğdem ULUBAŞ SERÇE<sup>2</sup>, Kadri TOPÇU<sup>3</sup>, Y. Zekai KATIRCIOĞLU<sup>4</sup>, Salih MADEN<sup>4</sup>

### Özet

Bu çalışmada Karadeniz Bölgesi'nde değişik yerlerden elde edilen 380 Kestane kanseri etmeni (*Cryphonectria parasitica*) izolatu arasından hipovirüensliği ds-RNA testleriyle kanıtlanmış olan ve en yaygın uyum tipi olan EU-1 içinde yer alan 23 izolatu etkinliği hastalandırma gücü en yüksek olan K-19 izolatu karşı Sinop – Erfelek' de 3 yaşlı sürgünlerde araştırılmıştır. Bu amaçla sürgünlere aynı anda hipovirüent ve virüent izolatlar 5 tekerrürlü olarak aşılanmış ve 6 ay sonra kanser gelişmeleri ölçülerek etkinlikleri belirlenmiştir.

Yapılan değerlendirmede 10 hipovirüent izolatu virüent K-19 izolatının kanser oluşumunu %80' üzerinde önlediği tespit edilmiştir. Bu etkin hipovirüent izolatlar arasında yer alan Z-1 (EU-1 uyum tipinde) aynı yörede doğal kanserlerde 5 tekerrürlü olarak denenmiş ve kanserlerde ortalama %50 gerileme oluşturmuştur. Uygulanan kanserlerden 3 tekerrürde tamamen kallus oluşumu ve iyileşme belirlenmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Karadeniz, kestane, kanser, hipovirüent, biyolojik savaşım

## Studies On The Biological Control Of Chestnut Blight (*Cryphonectria parasitica* (murr) barr.) With Hypovirulent Isolates In Black Sea Region Of Turkey

### Abstract

Effectiveness of 23 hypovirulent isolates of chestnut blight pathogen, *Cryphonectria parasitica*, which was determined by ds-RNA analyses and obtained from Black Sea region of Turkey and belong to EU-1 vegetative type was tested on newly emerged 3 years old chestnut sprouts in Sinop-Erfelek. For this aim, every hypovirulent isolate was inoculated to 3 years old sprouts together with the virulent isolate with 5 replicates and after 6 months canker lengths were measured and effectiveness of the hypovirulent isolates was determined.

In the evaluations, 10 hypovirulent isolates suppressed the canker development of the aggressive isolate K-19 more than 80%. One of the effective hypovirulent isolates, Z-1, was tested on natural cankers in the same region with five replicates and it suppressed the disease development about 50%. In three of the replicates treated by Z-1, profuse callus formation and recovery was detected.

**Key words:** Black Sea, chestnut, canker, hypovirulent, biological control

### 1. Giriş

Ülkemiz kestane ormanlarının her yerinde bulunan ve *Cryphonectria parasitica* adlı fungus tarafından oluşturulan Kestane kanseri, gerek ülkemizde gerekse dünyada bazı kestane türlerinde, özellikle Avrupa kestanesi (*Castanea sativa* L.) de önemli derecede zarar oluşturan bir hastalıktır.

Bu hastalıkla mücadelede kültürel önlemler ile birlikte biyolojik savaş dışında dünyada etkili olan ekonomik bir mücadele yöntemi yoktur (Allemann ve Ark., 1999; Griffin ve Ark., 2004; Sotirovski ve Ark., 2004). Biyolojik savaş bu hastalık etmeninin bir virüsle enfeksiyonuna dayanmaktadır. *Cryphonectria hypovirus* 1, 2, 3 ve 4 (CHV) olarak adlandırılan dört farklı virüs bu fungal hastalık etmeninde enfeksiyon yapmakta ve fungusun

<sup>1</sup> Çankırı Karatekin Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Çankırı. secilakilli@gmail.com

<sup>2</sup> Mustafa Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Hatay.

<sup>3</sup> Orman Genel Müdürlüğü, Sinop Orman Bölge Müdürlüğü, Sinop.

<sup>4</sup> Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, 06110, Dışkapı, Ankara.

neden olduğu hastalığı geriletmektedir (Nuss, 1992; Hillman ve Ark., 1995). Ancak doğada bu virüsle enfeksiyonlu fungus strainlerinin (izolatlarının) her yerde uygulanması uygun değildir. Bu virüsün doğada agresif (saldırgan) olan bireylere geçebilmesi için virüslü bireyle arazideki saldırgan bireyin hiflerinin kaynaşması yani vejetatif uyumlu (VC) olması gerekmektedir (Anagnostakis ve Day, 1979; Anagnostakis ve Waggoner, 1981). Bu hastalığın bu şekilde çok sayıda uyum tipleri vardır ve bir yerde biyolojik savaş için öncelikle bu uyum tiplerinin (VC) belirlenmesi gerekmektedir (Cortesi ve Ark., 1998; Robin ve Ark., 2000) . Ayrıca virüsün 4 türü yanında aynı türün içinde de farklı alt tipler vardır ve bunlar subtype olarak isimlendirilmektedir. Örneğin ülkemizde bulunan virüs türü CHV1' in yine ülkemizde 2 subtype'ı (subtype I ve subtype F) saptanmıştır (Akıllı ve Ark. Yayımlanmamış çalışma). Aynı subtype içinde bile virüsün farklılıkları vardır. Bu nedenlerle biyolojik savaşın bir bölgede başlatılması için oradaki patojenin uyum tipi ve virüs alt tipi (subtype) bilinse bile elde mevcut hipovirulent izolatların doğada test edilmesi gerekmektedir.

Ülkemizde de daha önce bazı biyolojik mücadele çalışmaları yapılmıştır. Örneğin, Gürer ve Ark. (2001) yaptıkları çalışmada doğada fidanlara inokule edilen hipovirulent strainlerin virulent strainlere göre daha küçük ve iyileşmeye başlayan kanserler oluşturduğunu bildirmişlerdir. Çeliker ve Onoğur (2000) virulent izolatları aşılardan bir hafta sonra hipovirulent izolatları geliştirmekte olan kanserlerin alt ve üstlerine aşılama ve değişik zamanlarda kanser alanlarını ölçmüşlerdir. İki ay sonra virulent izolatan kanserli alanı artmasına rağmen, virulent + hipovirulent verilen fidanlarda kanserli alanda çok az bir gelişme olduğunu, kallus oluşumu ile alanın giderek küçüldüğünü ifade etmişlerdir. Çeliker ve Onoğur (2000) hipovirulent izolatlarını sadece bir virulent izolatla test etmişler ve etkin bulmuşlardır. Diğer yandan Gürer ve Ark. (2001) böyle bir etkinlik çalışması yapmamışlar sadece hipovirulent izolatların oluşturduğu kanserlerin gelişimini incelemişlerdir. Doğada bu hastalığa karşı biyolojik savaş için öncelikle hipovirulent izolatların bir bölgedeki virulent izolatlarla karşı etkinliğinin belirlenmesi gerekmektedir. Çünkü yaptığımız bir çalışmada hipovirulent izolatların farklı virulent izolatlarla karşı farklı derecelerde etkili olduğu saptanmıştır (Akıllı ve Ark., 2011). Bu nedenle çok sayıda etkili hipovirulent izolatların belirlenmesi ve birden fazla virulent izolata karşı test edilmeleri gerekmektedir.

Bu çalışmada Karadeniz Bölgesi'nde kestane kanseri etmeninin en yaygın uyum tipi olarak bilinen EU-1' e ait 23 hipovirulent izolatan aynı bölgeden elde edilen hastalandırma gücü yüksek (virulent) bir izolata (K-19) karşı etkinlikleri 3 yıllık kestane sürgünleri üzerinde Sinop-Erfelek' de doğada araştırılmıştır. Ayrıca bu çalışma sonucu etkin bulunan bir hipovirulent izolatan (Z-1) yine aynı yörede kestane ağaçlarında görülen doğal kanserler üzerinde etkinliği incelenmiştir.

## **2. Materyal ve Yöntem**

### **2.1. Çalışmada kullanılan izolatlar**

Bu çalışmada kullanılan 23 hipovirulent izolat, Karadeniz Bölgesi'nde yürütülen bir çalışmada elde edilen 380 izolatan kültürel özellikleri ve ds-RNA analizleri değerlendirilmesi sonucu (Katırcıoğlu ve Ark., 2010) belirlenmiştir. Çalışmada kullanılan izolatlar ve elde edildikleri yerler Çizelge 1.' de verilmektedir.

**Çizelge 1.** Çalışmada kullanılan hipovirüent izolatların elde edildiği yerler

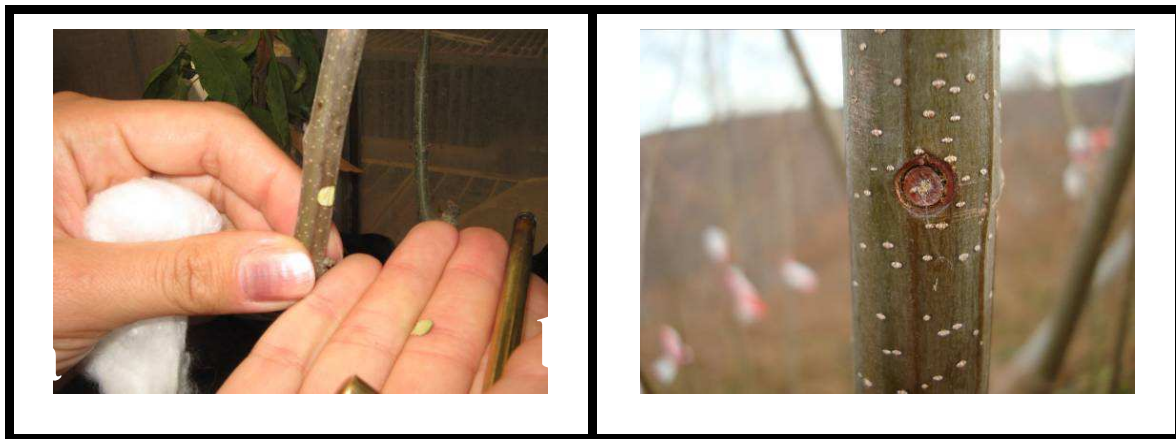
| İzolatanın elde edildiği yer | İzolot sayısı |
|------------------------------|---------------|
| Sinop                        | 5             |
| Zonguldak                    | 7             |
| Trabzon                      | 2             |
| Bartın                       | 5             |
| Kastamonu                    | 2             |
| Giresun                      | 1             |
| Rize                         | 1             |
| <b>Toplam</b>                | <b>23</b>     |

Çalışmada kullanılan hastalandırma gücü en yüksek (virüent) izolat (K-19), yine yukarıda bahsedilen çalışmada kullanılan izolatlar arasından elma testi ve kesik dal inokülasyon yöntemleri ile belirlenmiştir.

## 2.2. Hipovirüent izolatların inokülasyonu

### 2.2.1. İki yıllık kestane sürgünlerine inokülasyon

İki yıllık sürgünlerde inokülasyon işlemleri sırasıyla, sürgünlerin orta bölümünde, bir mantar delici ile kabuk kısmında 0.5 cm çapta çukurlar açılmıştır (Şekil 1a). Bu çukurlara önce methionin (100mg/l) ve biotin (1mg/l) içeren PDA (PDAMB) ortamında geliştirilen virüent *C. parasitica* (K-19) izolatı, sonra üzerine yine aynı ortamda geliştirilen hipovirüent izolatlardan alınan diskler, daha sonra da çukurlardan çıkan kabuk kapatılıp üzerine nemli bir pamukla konulmuş ve parafilmle sarılmıştır. Rutubetin çabuk uçmaması için nemli pamuklar da streç film ile kapatılmıştır. Hava koşullarına göre pamuklar 2-3 hafta inokülasyon yerlerinde tutulmuştur. Kontrol olarak 5 sürgüne de sadece temiz besi yeri konmuştur (Şekil 1b).



**Şekil 1.** Sürgünlere inokülasyonda a) mantar deliciyle çukurlar açılması, b) kontrol çukurlarının inokülasyondan sonraki durumu.

### 2.2.2. Beş altı yaşlı ağaçlardaki kanserlere hipovirüent izolat uygulanması

Elma ve kesik dal inokülasyon yöntemine göre düşük virüensli bulunan Z-1 izolatı Sinop-Erfelek' de 5-6 yaşlı ağaçlarda görülen muhtelif boylardaki kanserlere 5 tekrarlı olarak uygulanmıştır. Seçilen kanserlerden çalışma öncesi kabuk örneği alınmış ve izolasyon

yapılarak hipovirülenliğin varlığı, vejetatif uyum tipleri araştırılmış ve aynı uyum tipindeki kanserler çalışmaya dahil edilmiştir. Doğada seçilen kanserlerin etrafı mantar delici ile 3–4 cm aralıklarla delinmiş ve her deliğe PDAMB ortamında geliştirilen hipovirüent izolat diskleri yerleştirilmiştir (Şekil 2). Hipovirüent izolat açılan deliklere konduktan sonra üzerleri dal inokülasyonunda olduğu gibi nemli pamukla sarılmış ve bir sene boyunca gelişmeler gözlenmiştir. Kontrol olarak alınan 5 kansere herhangi bir uygulama yapılmamış, sadece kanser boylarının sınırları belirlenmiş ve belirlenen sürelerde boyları ölçülmüştür.



Şekil 2. Kestane kanserlerine hipovirüent izolatların uygulanması.

### 2.2.3. Uygulamaların değerlendirilmesi

Sürgün inokülasyonları Haziran 2009 yılında yapılmış, inokülasyondan 2 ve 6 ay sonra inokülasyon noktaları gözlenmiş, kanser boyları ölçülmüş ve iyileşme ve kallus oluşumu değerlendirilmiştir. Hipovirüent izolat ve virüent izolatın birlikte uygulandığı her bir tekerrürde ölçülen kanser boyları, aynı tekerrürdeki virüent izolat uygulanan kanser boyu ile mukayese edilmiştir. Etkinlik Abbott formülü ile aşağıdaki gibi hesaplanmıştır. Burada;

$$\% \text{ etki} = \frac{\text{Virüent izolat kanser boyu} - \text{hipovirüent izolat kanser boyu}}{\text{Virüent izolat kanser boyu}} \times 100$$

Kanser boyları üzerinden varyasyon analizi yapılarak uygulama farklılıklarının istatistikî olarak önemli olup olmadığı belirlenmiştir. Uygulamalar arasında görülen farklılık Duncan testi ile tespit edilmiştir.

Doğal kanserlere uygulanan Z-1 izolatının değerlendirmesi uygulamadan bir yıl sonra yapılmış ve Z-1 uygulanan kanserlerde yapılan ölçümlerle yine uygulama yapılmamış kanserlerdeki ölçümler dikkate alınarak yüzde kanser artış (büyüme) oranları aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır.

Kontrol sırasındaki kanser boyu- İlk uygulamadaki kanser boyu

$$\% \text{ Kanser artışı} = \frac{\text{Kontrol sırasındaki kanser boyu} - \text{İlk uygulamadaki kanser boyu}}{\text{İlk uygulamadaki kanser boyu}} \times 100$$

Kanser artış oranları üzerinden varyans analizi yapılmıştır. Tekerrürlerdeki uygulamaların etkinliği Abbott formülüne göre yukarıda verildiği gibi hesaplanmıştır.

Uygulama ile kontrol arasındaki farklılık Duncan testi ile belirlenmiştir.

### 3. Bulgular

#### 3.1. Hipovirüent izolatların arazi koşullarında kestane sürgünlerindeki etkinliği

Uygulamadan 2 ve 6 ay sonra sürgünlerdeki kanser boyları değerlendirildiğinde (Çizelge 2.) virüent izolat K-19' un 2 ay sonra ortalama 3.3 cm, 6 ay sonra 12.7 cm uzunlukta kanserler oluşturduğu bulunmuştur. Aynı izolatın 23 hipovirüent izolatla birlikte uygulandığı sürgünlerdeki kanser boyları oldukça değişiklik göstermiştir. Bazı hipovirüent izolatlar kanser boyunu kontrole göre azaltırken bazıları da artırmıştır. Hatta S-37 hipovirüent izolatı kanser boyunu 7.80 cm'e çıkarmıştır. Altı ay sonraki ölçümlerde ise kontroldeki kanser boyu 12.78 cm ulaşırken, hipovirüent izolat uygulamalarında en fazla kanser boyu 7.90 cm ile Tb-34 izolatında olmuştur ki; bu izolat zaten 2 ay sonraki ölçüme göre kanser boyunu artırmıştır. Dolayısıyla % 38.18' lik etki oranı ile en düşük etkiyi göstermiş ve etkisiz kabul edilmiştir.

Diğer hipovirüent izolatların çoğu ilk ölçüme göre kanser boylarını azaltmışlardır. Hatta kanseri durduran yani tamamen kapatan izolatlar (Gd-11 ve Ra-26) olmuştur. Bu izolatlar hipovirüent uygulamasından 6 ay sonra % 100 etkili olmuş ve kanseri tamamen durdurmuştur. Bu izolatlar dışında 8 izolat daha; B-13, B-15, B-25, Z-1, Z-3, Z-4, Z-11, Z-19 kanser boyunu %80' in üzerinde engellemişlerdir.

**Çizelge 2.** Virüent K-19 izolatına karşı kullanılan 23 hipovirüent izolatın 2 ve 6 ay sonra ölçülen ortalama kanser boyları (cm) ile % etkileri\*

| İzolatlar  | Kanser boyları (cm) |            | Yüzde etkiler (%) |            |
|------------|---------------------|------------|-------------------|------------|
|            | 2 ay sonra          | 6 ay sonra | 2 ay sonra        | 6 ay sonra |
| K-19       | 3.30 abcde          | 12.78 i    |                   |            |
| K-19+Si-50 | 2.62 abcd           | 6.20 defg  | 20.60             | 51.4       |
| K-19+Ze-24 | 1.50 ab             | 3.12 abcd  | 54.54             | 75.58      |
| K-19+Z-4   | 1.40 abc            | 1.60 ab    | 57.57             | 87.48      |
| K-19+Zur   | 2.30 abc            | 5.78 cdefg | 30.30             | 54.77      |
| K-19+S-53  | 2.30 cdef           | 5.24 bcdef | 30.30             | 58.99      |
| K-19+Tb-34 | 3.00 abc            | 7.90 fgh   | 9.09              | 38.18      |
| K-19+Ba-6  | 2.00 abc            | 5.58 cdefg | 39.39             | 56.33      |

| Çizelge 2 nin devamı |            |            |         |        |
|----------------------|------------|------------|---------|--------|
| K-19+S-7             | 2.60 abcd  | 6.08 cdefg | 21.21   | 52.42  |
| K-19+K-13            | 1.00 a     | 3.16 abcd  | 69.69   | 75.27  |
| K-19+B-15            | 4.00 bcde  | 0.40 a     | -21.21  | 96.87  |
| K-19+Z-19            | 8.60 h     | 1.78 ab    | -160.60 | 86.07  |
| K-19+B-25            | 1.70 def   | 1.60 a     | 48.48   | 87.48  |
| K-19+Gd-11           | 2.50 abcd  | 0.00 a     | 24.24   | 100.00 |
| K-19+Z-3             | 5.42 fgh   | 1.60 a     | -64.24  | 85.9   |
| K-19+Z-1             | 3.50 abcde | 3.20 ab    | -6.06   | 87.48  |
| K-19+K-61            | 6.84 gh    | 2.08 abcd  | -107.27 | 74.96  |
| K-19+Z-11            | 6.98 gh    | 4.80 ab    | -111.51 | 83.72  |
| K-19+Si-3            | 5.04 defg  | 6.03 bcde  | -52.72  | 62.44  |
| K-19+Tb-32           | 5.70 defg  | 3.62 efgh  | -72.72  | 52.81  |
| K-19+Ba-2            | 3.62 abcde | 3.00 abc   | -9.69   | 71.67  |
| K-19+B-13            | 3.00 abcde | 1.60 ab    | 9.09    | 87.48  |
| K-19+Ra-26           | 2.40 abc   | 0.00 a     | 27.27   | 100.00 |
| K-19+S-37            | 17.80 abc  | 7.00 efgh  | -439.39 | 45.22  |

\* Kanser boyları 5 tekerrürün ortalamasıdır. Aynı harfi alan değerler Duncan testine göre (p=0.05) birbirinden farklı değildir.

Uygulanan bu 23 izolattan 2 tanesi % 50' nin altında etkili bulunmuştur. Bu denemede kullanılan Z-1 ve Ba-6 izolatları diğer bir çalışmada K-19 ve K-44 virüent izolatlarına karşı denenmiş ve bu izolatlar her 2 virüent izolata karşı etkili bulunmuşlardır. Z-1 izolatu aynı çalışmada K-44 virüent izolata da %50' nin üzerinde etkili olmuştur (Akıllı ve Ark., 2011). Aynı hipovirüent izolatu (Z-1) sürgün denemesinde %87.48' lik yüksek bir etki görülmektedir.

### 3.2. Z-1 hipovirüent izolatu 5-6 yıllık kestane ağaçlarındaki kanserlerdeki etkinliği

Doğada rastgele seçilen 5 kansere sürgün testlerinde etkili bulunan hipovirüent izolatlardan biri olan Z-1 uygulanmıştır. Çalışmaya başlamadan önce seçilen kanserlerden kabuk örnekleri alınıp izolasyon yapılmış ve kanserlerde hipovirülensliğin olmadığı ve izolatların uyum grubunun Eu-1 olduğu saptanmıştır. Kanserlerden elde edilen izolatlar Z-1 izolatuyla eşleştirilmiş ve hipovirüent izolatu virüent izolatu dönüştürdüğü saptanmıştır.

Bu uygulamalarda uygulamadan bir yıl sonra hesaplanan kanser gelişim yüzdeleri ve uygulamanın yüzde etkinliği Çizelge 3.' de verilmiştir. Çizelge 3.' ten de anlaşılacağı gibi Z-1 hipovirüent izolatu doğal oluşan eski kanserlerin gelişmesini %50 geriletmiştir. Bu uygulamalarda 3 tekerrürde kanserlerde iyileşme, 4 tekerrürde de sporulasyon görülmüştür.

**Çizelge 3.** Z-1 hipovirulent izolatının uygulamadan bir yıl sonra 5 kanserdeki gelişme yüzdeleri ve kontrole göre yüzde engelleme (etki)\*

| Uygulamalar               | Kanser gelişimi yüzdesi |      |      |      |       | Ortalama | % Etki | Açıklama                                                                                                              |
|---------------------------|-------------------------|------|------|------|-------|----------|--------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                           | Tekerrürler             |      |      |      |       |          |        |                                                                                                                       |
|                           | 1                       | 2    | 3    | 4    | 5     |          |        |                                                                                                                       |
| Hipovirulent izolat (Z-1) | 14.3                    | 15.7 | 17.6 | 20.0 | 31.3  | 19.78 a  | 50     | Üç tekerrürde kanserlerde iyileşmeler var. Dört tekerrürde sporulasyon gözlenmiş, birinde herhangi bir değişiklik yok |
| Kontrol                   | 22.0                    | 45.2 | 96.6 | 55.5 | 135.0 | 39.30 b  |        | Kanserlerde önemli bir değişiklik yok                                                                                 |

\*Aynı harfi alan değerler Duncan testine göre istatistik olarak farklı değildir (p=0.05)

#### 4. Tartışma ve Sonuç

Kestane Kanseri, Karadeniz Bölgesi'nde kestanenin bulunduğu her yerde yaygın olarak bulunmaktadır (Katırcıoğlu ve Ark., 2010). Bu çalışmada, bu bölgedeki Orman Bölge Müdürlüklerine bağlı 11 ilden 380 adet Kestane kanseri (*Cryphonectria parasitica*) izolatı elde edilmiştir. Bu izolatların özellikle biyolojik mücadeleye temel oluşturacak özellik olan Avrupa uyum tipleri belirlenmiş ve bölgede 5 uyum tipinin (EU-1, EU-2, EU-5, EU-12 ve EU-14) bulunduğu saptanmıştır. Bu uyum tiplerinden en yaygın olanları EU-1 ( % 91.5 ) ve EU-12 ( % 6.8 ) olduğu ifade edilmektedir (Akıllı ve Ark., 2009). Bu bölgede uyum tiplerinin azlığı, bu hastalığa karşı biyolojik mücadelenin başarılı bir şekilde uygulanabileceğini göstermektedir. Katırcıoğlu ve Ark. (2010)'a göre Kestane kanserine karşı biyolojik mücadelede kullanılacak hipovirulent izolatların tanımlanmaları hem kültürel özelliklerini hem de moleküler yöntemlere (dsRNA analizi) esas alınarak yapılmıştır.

Hipovirulent izolatların belirlenmesi biyolojik mücadele için bir başlangıç olup, tanımlanan EU-1 uyum tipindeki 23 izolatın etkinliklerinin öncelikle arazi koşullarında belirlenmesi gerekmektedir. Çünkü her hipovirulent izolat aynı etkiyi göstermemektedir. Bu nedenle bu çalışmada bu izolatların etkinlikleri arazi koşullarında belirlenmiştir.

Ele alınan 23 hipovirulent izolattan 10 adedi, virulent izolatın kanser oluşumunu %80' in üzerinde engellemiş ve bunlardan bir izolat (Z-1) ise doğal kanserlerin gelişmesini %50 geriletmiştir. Z-1 izolatın biyolojik mücadelede uygun vejetatif uyum tipine ait virulent izolatlara karşı başarı ile kullanılabilmesi görülmüştür. Hipovirülensliğin doğada dağılması için hipovirulent izolat kanserlerinin biraz gelişmesi ve sporulasyonu istenir ki hipovirülenslik doğada dağılabilir. Bu nedenle doğal kanserlere karşı yapılan uygulamalarda Z-1 izolatı tercih edilmelidir.

Bu hastalığa karşı tek etkili yöntem olan hipovirulent izolatlarla biyolojik savaş bu bölgede başarılı şekilde uygulanabilir. Bunun için gerekli bilgi desteği ile yeterli donanımına sahip Orman Genel Müdürlüğü kurumları bu mücadeleyi başarılı bir şekilde yürütebilirler. Bu uygulamalar yaygınlaştırılmadan önce hipovirulent izolatlardaki virüslerin alt tiplerinin de belirlenmesinde yarar vardır. Çünkü bu alt tiplerdeki kararlılık, biyolojik savaşın kalıcılığını da etkileyecektir.

#### Teşekkür

Bu çalışma Ankara Üniversitesi BAP tarafından desteklenen 06B4347004 nolu proje

olanakları kullanılarak yürütülmüştür. Ayrıca Çevre ve Orman Bakanlığı, Orman Genel Müdürlüğü ve Sinop Orman Bölge Müdürlüğü ile ilgili teşkilatın diğer Orman Bölge Müdürlüklerinin büyük destekleri olmuştur. Bu kuruma katkılarından dolayı teşekkür ederiz.

## Kaynaklar

- Akıllı S, Katırcıoğlu Y Z and Maden S. 2009. Vegetative Compatibility Types of *Cryphonectria parasitica*, Causal Agent of Chestnut Blight, in the Black Sea Region of Turkey. *Forest Pathology* 39: 390–396.
- Akıllı S, Katırcıoğlu Y Z and Maden S. 2011. Biological Control of Chestnut Canker, Caused by *Cryphonectria parasitica*, by Antagonistic Organisms and Hypovirulent Isolates. *Türk Tarım Ve Ormancılık Dergisi*. doi:10.3906/tar-0912-579.2010
- Allemann C, Hoeiniger P, Heiniger U and Rigling D. 1999. Genetic Variation of *Cryphonectria hypoviruses* (Chv1) in Europe Assessed Using Restriction Fragment Length Polymorphism (RFLP) Markers. *Molecular Ecology* 8: 843–854.
- Anagnostakis S L and Day P R. 1979. Hypovirulence Conversion in *Endothia parasitica*. *Phytopathology* 69: 1226–1229.
- Anagnostakis S L and Waggoner PE. 1981. Hypovirulence, Vegetative Incompatibility and The Growth of Cankers of Chestnut Blight. *Phytopathology* 71: 1198–1202.
- Cortesi P, Rigling D, Heiniger U. 1998. Comparison of Vegetative Compatibility Types in Italian and Swiss Populations of *Cryphonectria parasitica*. *European Journal Forest Pathology*. 28:167–176.
- Çeliker, N. M. 2000. Kestane kanseri (*Cryphonectria parasitica* (Murr.) Barr.)'nın Hipovirulent Irklarla Savaşımı Üzerinde Araştırmalar. Doktora Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bornova-İzmir, 116s.
- Çeliker N M, Onoğur E. 2001. Evaluation of Hypovirulent Isolates of *Cryphonectria parasitica* for The Biological Control of Chestnut Blight. *Forest Snow Landsc. Res.* 76:378–382.
- Griffin G J, Robbins N, Hogan E P and Farias-Santopietro G. 2004. Nucleotide Sequence Identification of *Cryphonectria* Hypovirus Infecting *Cryphonectria parasitica* on Grafted American Chestnut Trees 12-18 Years After Inoculation with a Hypovirulent Strain Mixture. *Forest Pathology* 34: 33–46.
- Gürer M, Turchetti T, Biagioni P, Maresi G. 2001. Assessment and Characterization of Turkish Hypovirulent Isolates of *Cryphonectria parasitica* (Murr) Barr. *J. Phytopathology* 40: 265–275.
- Hillman B I, Fulbright D W, Nuss D L, Van Alfen N K. 1995. Hypoviridae. In: Sixth Report of the International Committee on the Taxonomy of Viruses. Ed. By Murphy, F. A.; Fauquet, C. M.; Bishop, D. H. L. New York: Springer Verlag, pp. 261–264.
- Katırcıoğlu Y Z, Maden S, Akıllı S, Ulubaş (Serçe) C. 2010. Karadeniz Bölgesi'nde Kestane Kanserinin Biyolojik Mücadelesi Üzerinde Araştırmalar. Proje Nihai Raporu, 06 B 4347004 Nolu Ankara Üniversitesi BAP Projesi, 83 s.
- Nuss, D L 1992. Biological Control of Chestnut Blight: an Example of Virus-Mediated Attenuation of Fungal Pathogenesis. *Microbiology Rev.* 56: 561–576.
- Robin C, Anziani C, Cortesi P. 2000. Relationship Between Biological Control, Incidence of Hypovirulence and Diversity of Vegetative Compatibility Types of *Cryphonectria parasitica* in France. *Phytopathology* 90: 730–737.
- Sotirovski K, Papazova-Anakieva I, Grünwald, N J and Milgroom M G. 2004. Low Diversity of Vegetative Compatibility Types and Mating Type of *Cryphonectria parasitica* in the Southern Balkans. *Plant Pathology* 53: 325–333.





## Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü Öğrencilerinin Aldıkları Eğitim ve Mesleki Gelecekleri Hakkındaki Düşünceleri (Düzce Üniversitesi Örneği)

Derya SEVİM KORKUT<sup>1</sup>, Tarık GEDİK<sup>1</sup>, Oğuzhan UZUN<sup>2</sup>

### Özet

Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, orman ürünleri endüstrisi ve odun dışı orman ürünleri ile ilgili alanlarda çağdaş eğitim ve öğretim yaparak nitelikli, araştırmacı ve analitik düşünebilen, sosyo-kültürel donanımlı, çevre ve toplum bilinci yüksek, yaratıcı, yenilikçi ve girişimci Orman Endüstri Mühendisleri yetiştirmek amacıyla yüksek öğretim faaliyetlerini yürütmektedir. Gelişen teknolojiler, güncellenen yasalar ve istihdam olanakları çerçevesinde Orman Endüstri Mühendisliği öğrencilerinin aldıkları eğitimin niteliğinin beklentilerini karşılayıp karşılamadığı ve mesleki gelecekleri hakkındaki düşüncelerinin belirlenmesi önemli görülmektedir. Bu bağlamda; çalışmada 1995 yılında eğitim ve öğretime başlamış olan Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü öğrencilerinin aldıkları eğitime ilişkin düşünceleri ve geleceğe ilişkin görüşleri incelenerek, bölümleri ile ilgili memnuniyet düzeylerinin ortaya konulması amaçlanmıştır. Bu amaçla oluşturulan anket formu 2009-2010 eğitim öğretim döneminde öğrenim gören öğrencilerden 98'ine Mayıs-Haziran 2010 tarihlerinde uygulanmıştır. Elde edilen verilerin istatistiksel değerlendirilmesi sonucunda öğrencilerin %79.6'sının bölümlerinde aldıkları eğitimin niteliğinden memnun oldukları, %20.4'ünün ise memnun olmadıkları belirlenmiştir. Ayrıca, öğrencilerin %53'ünün mezun olduklarında kendilerini özel sektörde çalışmak için yeterli görmedikleri, %71.4'ünün ise mezun olduklarında iş bulma kaygısı yaşayacaklarını düşündükleri belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Orman endüstri mühendisliği bölümü, gelecek kaygısı, memnuniyet durumu

## The Perception of Forest Industry Engineering Students on Their Education and Professional Future (Düzce University Case)

### Abstract

The Department of Forest Industry Engineering is carrying out higher education activities by practicing contemporary education and training in the fields related to industry of forest products and non-wood forest products with the aim of raising Forest Industry Engineers who are searching and analytically thinking, socio-culturally equipped, environmentally and socially conscious, creative, innovative and enterprising. Within the frame of developing technologies, updated laws and employment opportunities, it is considered as important that whether or not the quality of the education received by the students of Forest Industry Engineering meets the need of the students and the perception of the students about their occupational future should be defined. In this sense; this study explores satisfaction status of Forest Industry Engineering students who started receiving education and training in 1995 in Düzce University, Faculty of Forestry about their department by analyzing their perception of education and future. The questionnaire form made for that purpose was conducted in May-June 2010 to 98 of the students who was receiving education in the education period of 2009-2010. Analysis of collected data reveals that %79.6 of the students was contented with the education in their department, %20.4 of them, however, was not contented. Also, %53 of the students did not consider themselves as qualified for employment in private sector when they graduated, %71.4 of them thought that they would experience anxiety of finding a job when they graduated.

**Key words:** Department of forest industry engineering, anxiety about future, level of satisfaction

### 1. Giriş

Küreselleşme, ülkeler arasındaki ekonomik entegrasyonlar ve keskinleşen rekabet gibi önemli süreçler, işletmeleri başarılı olabilmek için hızla bu değişimlere uyuma zorlamaktadır. Başarının giderek daha çok bilgiye bağlı hale gelmesi ile de nitelikli işgücüne olan talep yoğunlaşmaktadır. Özellikle ülkemiz gibi nüfus artış hızı yüksek, okullaşma oranı yeterli

<sup>1</sup> Düzce Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Konuralp Yerleşkesi, 81620, Düzce

<sup>2</sup> Çankırı Karatekin Üniversitesi Meslek Yüksekokulu, Malzeme ve Malzeme İşleme Teknolojileri Bölümü, Mobilya ve Dekorasyon Programı, 18100, Balıca, ÇANKIRI

düzeyle ulaşamamış, dolayısıyla genel eğitim düzeyi düşük kalmış olan ülkeler için bu ihtiyaç daha da yoğun bir şekilde hissedilmektedir (Aytekin, 2005).

Küreselleşme süreci her alanda olduğu gibi eğitim-öğretim alanında da ülkeleri, kurumları ve bireyleri ortak standartlara uymaya zorlamaktadır. Bütün bu gelişmeler çerçevesinde, Orman Endüstri Mühendisliği eğitim-öğretim programlarının uluslar arası düzeyde akreditasyona sahip olması ve ilgili endüstri sektöründen gelen taleplere uygun bir yapıya kavuşturulması büyük önem arz etmektedir (Yıldız, 2010).

Eğitimin tüm alanlarında olduğu gibi yükseköğretimde de eğitimden temel olarak yararlananlar öğrencilerdir. Ağaoğlu'na göre bu nedenle öğrencilere eğitim kurumlarının kazandırdığı ve kazandıracağı davranışlar çok önemlidir. Öncelikle bu davranışların neler olacağı günümüz ve geleceğin toplumları göz önünde bulundurularak belirlenmelidir. Bu noktada ilgili tüm bireylerin ve çevrelerin görüşleri, beklentileri ve gereksinimleri belirlenerek onların doyumu sağlanmalıdır (Ağaoğlu, 1997).

Bireylerin mesleki gelişimlerini etkileyen pek çok faktörün olduğunu belirten Durmuş, çoğunlukla bu faktörlerin dikkate alınmadan bir meslekle bir zihinsel yetenek ya da ilgi eşleştirildiğinden mesleki seçimin etkisiz olduğunu belirtmektedir. Zihinsel yetenek sınırları; eğitim, aile, kişilik yapısındaki farklılıklar, benlik değeri, mesleklere ilişkin değerleri, ilgileri, klişeler ve beklentileri, cinsiyet farkları, çevresel etkiler ve meslek seçiminde bir faktör olarak gerçekçiliği içeren mesleki olgunluk düzeyi dikkate alınarak verilen meslek seçim kararları yanında mesleklerin tanıtım olanaklarını da sunan yöneltme ortamı ile giderek nitelikli, mutlu ve ülke ekonomisine katkı veren bir gençlik yaratılabilir (Durmuş, 1996).

Orman ürünleri sanayinde Orman Endüstri Mühendislerinin tercih edilmesi kadar daha doğal bir durum olmamalıdır. İşletmelerin orman endüstri mühendislerini işyerlerinde tercih etme sebebi olarak %25 oranında "mesleki anlamda daha iyi yetiştirilen başka bir mühendislik dalının olmaması"; %22,5 oranında da "ağaç malzemeyi iyi tanımaları" seçeneklerinin önem kazandığı Koç ve arkadaşları tarafından belirtilmiştir. Öte yandan, işletmelerin orman endüstri mühendislerini tercih etmeme sebepleri olarak da %30 oranında "uygulama eksikliği"; %13'erlik oranlarla da "teorik bilgi eksikliği" ve "pazarlama-girişimcilik yeteneklerinin iyi olmaması" aynı çalışmada ifade edilmektedir (Koç vd., 2009).

Her geçen gün ilerleyen teknolojiye ayak uydurmaya çalışan sektörlerde nitelikli eleman yetiştirmeyi amaç edinen yüksek öğrenim kurumları, sürekli olarak hem fiziki şartlarını hem de öğretim üyelerini geliştirmek zorundadır. Hazırlanan bu çalışma ile orman endüstrisinde nitelikli eleman olarak çalışan orman endüstri mühendislerinin mesleki eğitim düzeyleri ve gelecek hakkındaki düşünceleri Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi Orman Endüstri Mühendisi adayları üzerinde araştırılmaya çalışılmıştır. Küreselleşme sonucunda artan teknoloji doğal olarak beraberinde işletmelerin rekabet güçlerinin iyi olmasını da gerektirmektedir. Bu nedenle yüksek öğretim kurumlarında verilen eğitimin çalışma alanlarında yeniliklere açık bir toplum oluşmasına yardımcı olması gerekmektedir.

Yükseköğrenimin orman fakültelerinde orman endüstri mühendisi olarak eğitim öğretime başlayan öğrencilerin bölümleri ile ilgili memnuniyet düzeylerinin ortaya konulması için hazırlanan bu çalışmada lisans eğitiminin daha yararlı bir yapıya büründürülmesi için nelerin yapılması gerektiği Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü öğrencileri üzerinde araştırılmaktadır.

## 2. Materyal ve Yöntem

Bu çalışmada Düzce Üniversitesi, Orman Fakültesi Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü öğrencilerinin bölümleri ile ilgili memnuniyet düzeylerinin ortaya konulması amaçlanmıştır. Çalışmanın evrenini 2, 3 ve 4. sınıfta okuyan toplam 141 öğrenci oluşturmaktadır (2009-2010 öğretim döneminde hazırlık sınıfı açıldığından dolayı 1. sınıf öğrencileri olmadığından). Çalışmada 141 öğrencinin tamamına anket formu dağıtılmış ancak

geri dönmeyen ve değerlendirmeye uygun bulunmayan anketler olmuştur. Çalışma sonucunda toplam 98 anket değerlendirme kapsamına alınmıştır. Anketlerin geri dönüş oranı %69.5 olarak saptanmıştır. Literatürdeki çalışmalar dikkate alındığında, ana kütle üzerinden gerçekleşen geri dönüş oranlarının genellikle %20 ile %45 arasında değiştiği gözükmektedir (Hum ve Leow, 1996; Bal ve Gundry, 1999). Bu nedenle ulaşılan veri sayısının istatistiki olarak yeterli olduğu kabul edilmiştir.

Çalışmada kullanılan anket 36 sorudan oluşmaktadır. Kullanılan anket formunda öğrencilerin bazı demografik özellikleri, aldıkları eğitim ve mesleki gelecekleri hakkındaki düşünceleri, bölümle ilgili karşılaştıkları sorunlar ve çözüm önerilerine yönelik sorular yer almaktadır.

Analiz esnasında öncelikle elde edilen anketlerde yer alan değişkenler kodlanmış, bir veri tabanı oluşturulmuş ve PASW Statistic 18.0 paket programı ile değerlendirilmiştir. Çalışma sonucunda elde edilen veriler değerlendirilerek çeşitli öneriler geliştirilmiştir

### 3. Bulgular

Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü 1995 yılında Abant İzzet Baysal Üniversitesi bünyesinde öğretime başlamış ve 2006 yılında Düzce Üniversitesinin kurulması ile Düzce Üniversitesi bünyesinde yer almaya başlamıştır. 1995-2010 yılları arasında Orman Endüstri Mühendisliği'nde kayıtlı öğrenci sayısı ile toplam mezun sayısı Çizelge 1'de verilmiştir (Anonim 2010).

Çizelge 1'e göre, 1995-2010 yıllarında toplamda 516 öğrencinin orman endüstri mühendisliği bölümüne kayıt yaptırdığı görülmektedir. Bölüm ilk mezunlarını 1998-1999 öğretim yılında 17 öğrenci ile vermiştir. 2010 yılına kadar bölümden toplam 283 orman endüstri mühendisi mezun olmuştur.

**Çizelge 1.** 1995-2010 yılları arası Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü öğrenci sayısı

| Öğretim yılı  | Öğrenci kontenjanı | Kayıt yaptıran öğrenci sayısı | Kayıt silinen öğrenci sayısı | Mezun olan öğrenci sayısı |
|---------------|--------------------|-------------------------------|------------------------------|---------------------------|
| 1994-1995     | 30                 | 29                            | -                            | -                         |
| 1995-1996     | 30                 | 30                            | 2                            | -                         |
| 1996-1997     | 30                 | 28                            | 7                            | -                         |
| 1997-1998     | 30                 | 27                            | 5                            | -                         |
| 1998-1999     | 30                 | 30                            | 5                            | 17                        |
| 1999-2000     | 30                 | 29                            | 8                            | 26                        |
| 2000-2001     | 30                 | 28                            | 3                            | 20                        |
| 2001-2002     | 30                 | 29                            | 6                            | 25                        |
| 2002-2003     | 30                 | 29                            | 2                            | 22                        |
| 2003-2004     | 30                 | 30                            | 12                           | 32                        |
| 2004-2005     | 30                 | 28                            | 6                            | 19                        |
| 2005-2006     | 40                 | 40                            | 4                            | 26                        |
| 2006-2007     | 40                 | 37                            | 7                            | 22                        |
| 2007-2008     | 40                 | 38                            | 8                            | 29                        |
| 2008-2009     | 40                 | 38                            | 4                            | 21                        |
| 2009-2010     | 50                 | 46                            | 2                            | 24                        |
| <b>Toplam</b> | <b>540</b>         | <b>516</b>                    | <b>81</b>                    | <b>283</b>                |

Ankete katılan öğrencilerin sınıflarına ilişkin veriler Çizelge 2'de verilmiştir.

**Çizelge 2.** Katılımcı öğrencilerin sınıfları

| Sınıf         | Sıklık    | Yüzde      |
|---------------|-----------|------------|
| 2             | 25        | 25.5       |
| 3             | 38        | 38.8       |
| 4             | 35        | 35.7       |
| <b>Toplam</b> | <b>98</b> | <b>100</b> |

2007 girişli olan ve çalışmanın yapıldığı sırada dördüncü sınıfta okuyan öğrencilerden 35 tanesine, 2008 girişli ve üçüncü sınıfta okuyan 38 ve 2009 girişli olan ve ikinci sınıfta okuyan 25 olmak üzere toplam 98 öğrenciye çalışmada ulaşıldığı görülmektedir.

### 3.1. Öğrencilerin Bazı Demografik Özellikleri

Çalışmaya katılan öğrencilerin cinsiyetlerine ilişkin elde edilen veriler izelge 3’de verilmiştir.

Çizelge 3. Öğrencilerin cinsiyetleri

| Öğrenci Cinsiyeti | Sıklık    | Yüzde      |
|-------------------|-----------|------------|
| Erkek             | 71        | 72.4       |
| Kız               | 27        | 27.6       |
| <b>Toplam</b>     | <b>98</b> | <b>100</b> |

Kız ve erkek öğrenci arasındaki yüksek oran farkı dikkati çekmektedir. Çalışmaya katılan kız öğrencilerin sayısı 27, erkek öğrencilerin ise 71’dir.

Öğrencilerin yaş aralığı 19-27 arasında değişmekte olup, ortalama yaş 22 olarak belirlenmiştir.

Orman Endüstri Mühendisliği eğitimine gelen öğrencilerin mezun oldukları lise türü izelge 4’de verilmiştir.

Çizelge 4. Öğrencilerin mezun oldukları lise türü

| Lise türü               | Sıklık    | Yüzde      |
|-------------------------|-----------|------------|
| Genel Lise              | 54        | 55.1       |
| Anadolu Lisesi          | 24        | 24.5       |
| Endüstri Meslek Lisesi  | 3         | 3.1        |
| Anadolu Öğretmen Lisesi | 2         | 2.0        |
| İmam Hatip Lisesi       | 1         | 1.0        |
| Teknik Lise             | 1         | 1.0        |
| Diğer                   | 13        | 13.3       |
| <b>Toplam</b>           | <b>98</b> | <b>100</b> |

Programa kayıtlı öğrencilerin yarıdan fazlası (%55.1) genel lise mezunlarından oluşmaktadır. Genel lise haricinde bölüme en fazla Anadolu Lisesinden (%24.5) mezun olan öğrencilerin geldiği tespit edilmiştir. Bu iki lise türünün dışında kalan diğer lise türlerinden mezun olan öğrencilerin bölümü fazla tercih etmediği söylenebilir. Diğer seçeneği altında (%13.3) ise öğrencilerin, yabancı dil ağırlıklı lise, süper lise ve yabancı dil ağırlıklı süper liseden mezun oldukları belirlenmiştir.

Öğrencilerin %11.2’si kendi gayreti ile %88.8’i de dershaneye giderek üniversite sınavına hazırlandığını belirtmişlerdir. Üniversite sınavında Orman Endüstri Mühendisliği bölümünü öğrencilerin %18.4’ünün ilk girişte, %56.1’inin 2. girişte, %17.3’ünün 3. girişte, %4.1’inin 4. girişte ve %4.1’inin 5 ve 6. girişlerinde kazandıkları belirlenmiştir. Öğrencilerin bölüm tercihine bakıldığında ise; tercih sırasının 2 ile başlayıp, 24. sıralara kadar değiştiği görülmüştür.

Orman Endüstri Mühendisliği bölümüne gelen öğrencilerin %23.5’i bölümü kesinlikle bilinçli bir şekilde, %49’u az-çok da olsa bilinçli bir şekilde %27.5’inin de bilinçsizce tercih ettikleri belirlenmiştir. Mesleğin özellikleri ve içeriği hakkında öğrencilerin %14.3’ü daha önceden bilgi sahibi olduklarını belirtmişlerdir. Öğrencilerin %56.1’i az-çok bilgi sahibi olduklarını belirtirken, %29.6’sı bölüm hakkında hiçbir bilgi sahibi olmadıklarını ifade etmişlerdir.

Öğrencilerin %94.9’unun kendisi ya da babasına ait orman endüstri mühendisliği alanı ile ilgili işyeri sahibi olmadıkları belirlenirken, %21.4’ünün yakınlarının orman endüstri mühendisliği alanı ile ilgili işyeri sahibi oldukları belirlenmiştir.

Öğrencilerin baba meslekleri incelendiğinde; %37.7 oranında emekli, %18.4 oranında memur, %24.5 oranında serbest meslek, %10.2 oranında işçi ve %9.2 oranında da çiftçi çocuklarının bölümü tercih ettikleri belirlenmiştir.

Öğrencilerin anne mesleklerine bakıldığında %74.5 oranında ev hanımı, %14.4 oranında emekli, %4.1 oranında işçi, %2 oranında çiftçi ve %4 oranında da memur olduğu belirlenmiştir.

Kardeş sayısına bakıldığında öğrencilerin %5.1'inin 1 kardeş, %46.9'unun 2 kardeş, %26.5'inin 3 kardeş, %13.3'ünün 4 kardeş, %5.1'inin 5 kardeş, %3.1'inin 6 kardeş olduğu belirlenmiştir.

Öğrenci ailelerinin ortalama aylık gelirleri 600 TL'den başlayıp 3000 TL'ye kadar çıkmaktadır. Öğrencilerin aylık harcama miktarları 150 TL'den başlayıp, 750 TL'ye kadar çıkabilmektedir. Öğrencilerin %24.5'i devletten ya da özel kuruluştan öğrenim bursu alırken, %75.5'i herhangi bir burs almamaktadırlar. Burs alan öğrencilerin burs miktarlarının 150 TL ile 200 TL arasında değiştiği belirlenmiştir. Aileleri tarafından gönderilen para ve aldıkları burs miktarından oluşan aylık harcamalarını öğrenciler, %38.8 oranında yeterli ve %42.8 oranında kısmen yeterli bulurken, %18.4 oranında da yeterli bulmamaktadır.

### 3.2. Öğrencilerin Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü İle İlgili Düşünceleri

Çalışmada öğrencilerin Orman Endüstri Mühendisliği bölümünü hem eğitsel yönden hem de niteliksel yönden değerlendirmeleri istenmiş ve elde edilen bulgular Çizelge 5'de verilmiştir.

Çizelge 5. Öğrencilerin Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü İle İlgili Düşünceleri

| Seçenekler                                                                               | Evet   |       | Hayır  |       |
|------------------------------------------------------------------------------------------|--------|-------|--------|-------|
|                                                                                          | Sıklık | Yüzde | Sıklık | Yüzde |
| Bölümünüzde bulunan öğretim elemanı sayısını yeterli buluyor musunuz?                    | 24     | 24.5  | 74     | 75.5  |
| Bölümünüzün size sağladığı malzeme, araç gereç ve makine eğitim öğretim için yeterli mi? | 10     | 10.2  | 88     | 89.8  |
| Bölümünüzün laboratuvar olanakları bir üniversite eğitimi için yeterli mi?               | 18     | 18.4  | 80     | 81.6  |
| Bölümünüzün bilgisayar olanakları bir üniversite eğitimi için yeterli mi?                | 28     | 28.6  | 70     | 71.4  |
| Bölümünüzde düzenlenen sosyal etkinlikler yeterli mi?                                    | 16     | 16.3  | 82     | 83.7  |

Çizelge 5 incelendiğinde öğrencilerin sadece %24.5'inin bölümlerindeki öğretim elemanı sayısını yeterli bulduğu tespit edilmiştir. Öğrencilerin %89.8'i bölümün sağladığı malzeme, araç gereç ve makineyi eğitim öğretim için, %81.6'sı laboratuvar olanaklarını, %71.4'ü bilgisayar olanaklarını bir üniversite eğitimi için yeterli bulmadıklarını ifade etmişlerdir. Ayrıca, öğrencilerin büyük çoğunluğu (%83.7) bölüm tarafından düzenlenen sosyal etkinlikleri üniversite eğitimi için yeterli bulmamaktadır.

### 3.3. Öğrencilerin Okudukları Bölümü Diğer Üniversitelerdeki Bölüm İle Karşılaştırması

"Diğer üniversitelerde bulunan orman endüstri mühendisliği bölümlerinin nasıl bir eğitim vermekte olduklarından haberdar mısınız?" sorusuna öğrencilerin 67'si (%68.4) diğer üniversitelerde verilen eğitimler hakkında bilgi sahibi olduklarını belirtmişlerdir. Bu soruya evet yanıtını veren öğrencilerden, eğitim gördükleri üniversitedeki kendi bölümleri ile diğer üniversitelerde bulunan orman endüstri mühendisliği bölümünü eğitim kalitesi açısından değerlendirmeleri istenmiştir. Kendi bölümlerindeki eğitim kalitesini, öğrencilerin %52.2'si orta, %25.4'ü iyi, %16.4'ü kötü, %3'ü hem çok iyi hem de çok kötü olduğunu belirtmişlerdir (Çizelge 6).

**Çizelge 6.** Öğrencilerin okudukları bölümü diğer üniversitelerdeki bölüm ile karşılaştırması

| Seçenekler                                                                                                                       |          | Sıklık | Yüzde |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|--------|-------|
| Diğer üniversitelerde bulunan orman endüstri mühendisliği bölümlerinin nasıl bir eğitim vermekte olduklarından haberdar mısınız? | Evet     | 67     | 68.4  |
|                                                                                                                                  | Hayır    | 31     | 31.6  |
| Cevabınız Evet ise kendi bölümünüzü diğer üniversitelerde bulunanlara göre eğitim kalitesi açısından nasıl değerlendirirsiniz?   | Çok iyi  | 2      | 3     |
|                                                                                                                                  | İyi      | 17     | 25.4  |
|                                                                                                                                  | Orta     | 35     | 52.2  |
|                                                                                                                                  | Kötü     | 11     | 16.4  |
|                                                                                                                                  | Çok Kötü | 2      | 3     |

Öğrencilerin büyük çoğunluğu (%89.8) bölümün düzenlediği mesleki gezi ve gözlemleri yeterli bulmadıklarını ifade etmişlerdir. Ayrıca, öğrencilerin %76.5'i bölümde verilen ders çeşidi ve içeriğini özel sektör için yeterli görmemektedirler.

Öğrencilerin staj konusundaki durumları incelendiğinde; %52'sinin henüz staj yapmadıkları, %41.8'inin stajlarının verimli geçerek amacına ulaştığını, %6.2'sinin ise stajlarının amacına ulaşmadığını belirttikleri tespit edilmiştir.

Bölümde görülen eğitimin özel sektöre uygunluğu hakkında öğrencilerin görüşleri alındığında; öğrencilerin %72.4'ü özel sektörün gerisinde olduğunu, %25.5'i özel sektörle başa baş olduğunu, %2.1'i ise özel sektörün ilerisinde olduğunu belirtmişlerdir.

### 3.4. Öğrencilerin Mezun Olduklarında Çalışmak İstedikleri Sektörler

Öğrencilerin mezun olduklarında eğitim aldıkları bölümle ilgili çalışmayı istedikleri sektörler Çizelge 7'de verilmiştir.

**Çizelge 7.** Öğrencilerin mezun olduklarında çalışmayı istedikleri sektörler

| Sektör        | N  | Yüzde |
|---------------|----|-------|
| Mobilya       | 46 | 46.9  |
| Levha         | 34 | 34.7  |
| Kamu          | 17 | 17.4  |
| Kağıt         | 11 | 11.3  |
| Kereste       | 9  | 9.2   |
| Kapı, pencere | 2  | 2.1   |
| Diğer         | 14 | 14.4  |

Öğrencilerin mezun olduklarında çalışmayı planladıkları sektörler incelendiğinde; %46.9 oranında mobilya (N=46), %34.7 oranında levha (yonga levha ve lif levha) (N=34), %17.4 oranında kamu (N=17), %11.3 oranında kağıt (N=11), %9.2 oranında kereste (N=9), %2.1 oranında kapı-pencere (N=2) sektöründe çalışmak istedikleri belirlenmiştir. Ayrıca öğrenciler %14.4 oranında kaplama, ahşap yapı, emprenye, parke, ahşap dekorasyon, tekne tasarım ve imalat (N=14) sektöründe çalışmak istediklerini belirtmişlerdir.

### 3.5. Öğrencilerin Mezun Olduklarında Çalışmak İstedikleri Alanlar

Katılımcı öğrencilerin çalışmak istedikleri sektörün analizi yapıldıktan sonra sektörde çalışmak istedikleri çalışma alanları da araştırılmıştır. Analiz sonucunda öğrencilerin mezun olduklarında düşündükleri çalışma alanları Çizelge 8'de verilmiştir

**Çizelge 8.** Mezun olduğunda düşünülen çalışma alanlar

| Çalışma Alanı   | N  | Yüzde |
|-----------------|----|-------|
| Üretim Planlama | 30 | 30.6  |
| Üretim          | 28 | 28.6  |
| Kalite Kontrol  | 27 | 27.6  |
| Pazarlama       | 19 | 19.4  |
| Proje-Tasarım   | 15 | 15.3  |
| Ar-Ge           | 13 | 13.3  |
| Satın Alma      | 8  | 8.2   |
| Diğer           | 2  | 2.0   |

Öğrencilerin mezun olduklarında çalışmayı planladıkları alanlar incelendiğinde; %30.6 oranında üretim planlama (N=30), %28.6 oranında üretim (N=28), %27.6 oranında kalite kontrol (N=27), %19.4 oranında pazarlama (N=19), %15.3 oranında proje-tasarım (N=15), %13.3 oranında Ar-Ge (N=13), %8.2 oranında satın alma (N=8) alanında çalışmak istedikleri belirlenmiştir. Ayrıca öğrenciler %2 oranında işletme yönetimi (N=2) alanında çalışmak istediklerini belirtmişlerdir.

Öğrencilerin sadece %47'si mezun olduklarında kendilerini özel sektörde çalışmak için yeterli gördüklerini ifade etmişlerdir. Ayrıca öğrencilerin büyük çoğunluğu (%71.4) mezun olduklarında iş bulma kaygısı yaşayacaklarını belirtmişlerdir.

### 3.6. Öğrencilerin Bölümle İlgili Memnuniyet Durumları

Yapılan çalışma sonucunda öğrencilerin %79.6'sının okudukları bölümden memnun oldukları, %20.4'ünün ise bölümlerinden memnun olmadıkları belirlenmiştir. Öğrencilerin bölümlerinden memnuniyetleri sorgulanırken 9 farklı yargıdan yararlanılmış ve elde edilen sonuçlar Çizelge 9'da gösterilmiştir.

**Çizelge 9.** Öğrencilere bölümleriyle ilgili memnuniyet durumları

| Yargılar                                    | N  | Ortalama | Standart Sapma |
|---------------------------------------------|----|----------|----------------|
| Öğrenciler piyasaya yönlendirilsin          | 98 | 4,71     | 0,67350        |
| Piyasaya özgü dersler verilsin              | 98 | 4,66     | 0,71715        |
| Bilgisayar eğitimi geliştirilsin            | 98 | 4,64     | 0,73569        |
| Dil eğitimi geliştirilsin                   | 98 | 4,61     | 0,72699        |
| Ders araç ve gereçleri güncellensin         | 98 | 4,55     | 0,77490        |
| Dersler seçmeli hale getirilsin             | 98 | 4,51     | 1,37911        |
| Öğrenci, eğitimci diyalogları geliştirilsin | 98 | 4,47     | 0,78915        |
| Fiziki şartlar iyileştirilsin               | 98 | 4,41     | 0,81020        |
| Ders yükü hafiflesin                        | 98 | 3,91     | 1,17611        |

(1= Kesinlikle katılmıyorum 2=Katılmıyorum 3=Kararsızım 4= Katılıyorum 5=Kesinlikle Katılıyorum)

Çizelge 9 incelendiğinde; öğrenciler piyasaya yönlendirilmeleri konusunda daha fazla desteklenmeleri gerektiğini önemli bulmaktadırlar. Ayrıca, öğrenciler piyasaya yönlendirilme konusunda piyasaya uygun bir ders müfredatının ve bilgisayar eğitiminin de gerekli olduğunu ikinci ve üçüncü sırada önemli bulmaktadırlar. Öğrencilere göre ders yüklerinin hafifletilmesinin onlarda bir memnuniyet oluşturmayacağını en az katılım göstererek belirtmişlerdir. Yine öğrencilere göre fiziki şartların iyileştirilmesi ile de bölümle ilgili memnuniyetlerinde fazla bir artışın meydana gelmeyeceği belirtilmektedir.

Öğrenciler açık uçlu olarak sorulan memnuniyetle ilgili sorulara memnun olmama konusunda bölümle ilgili bazı eksikliklerin olduğunu ileri sürmüş ve bu eksiklikler doğrultusunda da bazı önerilerde bulunmuşlardır;

- Orman ürünleri sanayi sektöründe orman endüstri mühendisliği bölümünün fazla bilinmemesi ve fabrikalarda orman endüstri mühendisleri yerine diğer mühendislerin çalışmasından dolayı iş olanakları kısıtlı bulunmaktadır.
- Bölüm ders içeriklerinin sektörün beklentilerini karşılayacak şekilde bilgisayar ve yabancı dili ön planda tutan ve laboratuvar uygulamalarını arttıran bir şekilde güncellenmesi sağlanmalıdır.
- Seçmeli dersler vasıtasıyla çalışılması düşünülen sektöre uygun spesifik dersler verilmelidir.
- 5531 sayılı “Orman Mühendisliği, Orman Endüstri Mühendisliği ve Ağaç İşleri Endüstri Mühendisliği Hakkında Kanun”un orman endüstri mühendislerine getirdiği çalışma olanaklarının, orman ürünleri sanayi sektörü tarafından benimsenmesi sağlanmalıdır.
- Endüstriye yönelik teknik gezilerin arttırılması ve sektör temsilcilerinin bölüm tarafından sektörü tanıtıcı seminer/panele davet edilerek orman endüstri mühendislerinin çalışma alanlarının tanıtılması sağlanmalıdır.

#### 4. Sonuç ve Öneriler

Programa kayıtlı öğrencilerin yarısından fazlası (%55.1) genel lise mezunlarından oluşmaktadır. Genel lise haricinde bölüme en fazla Anadolu Lisesinden (%24.5) mezun olan öğrencilerin geldiği tespit edilmiştir. Gedik ve arkadaşları tarafından Türkiye’deki orman fakülteleri orman endüstri mühendisliği son sınıf öğrencileri üzerinde 2008 yılında yapılan çalışmada da öğrencilerin %63.2 oranında genel liseden mezun oldukları belirtilmiştir.

Orman endüstri mühendisliği bölümüne gelen öğrencilerin %23.5’i kesinlikle bölümü bilinçli bir şekilde, %49’u az-çok da olsa bilinçli bir şekilde %27.5’inin de bilinçsizce bir tercih yaptıkları belirlenmiştir. Akyüz ve arkadaşları tarafından 2004 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi (KTÜ) Orman Fakültesi öğrencileri üzerinde yapılan bir araştırmada, katılımcıların %64.7’sinin buldukları bölümü tesadüfen seçtikleri, %58.8’inin boşta kalmamak için ve %44.7’sinin de ailelerinin isteği doğrultusunda bölümü seçtikleri belirtilmiştir.

Öğrencilerin %89.8’i bölümün sağladığı malzeme, araç gereç ve makineyi eğitim öğretim için, %81.6’sı laboratuvar olanaklarını, %71.4’ü bilgisayar olanaklarını bir üniversite eğitimi için yeterli bulmadıklarını ifade etmişlerdir. Gedik ve arkadaşları tarafından 2006 yılında KTÜ ve Abant İzzet Baysal Üniversitesi (Şimdiki adı ile Düzce Üniversitesi) Orman Fakültelerinden mezun olan orman endüstri mühendislerine yönelik olarak bölümlerindeki eğitimin niteliğinin değerlendirilmesi üzerine yapılan bir araştırmada, mezun olan orman endüstri mühendisleri lisans döneminde güncel konuların yeterli düzeyde verilmediğini vurgulamıştır. Yapılan çalışmada lisans döneminde verilen eğitimin %45.9 oranında yetersiz, %44.3 oranında ne yeterli ne yetersiz ve %9.8 oranında da yeterli olduğu bulunmuştur. Uzun ve Çınar tarafından (2009) Türkiye’de 5 farklı üniversitenin mobilya ve dekorasyon eğitimi bölümlerinden tesadüfi seçilen 200 öğrenci üzerinde yapılan bir çalışmada da öğrencilerin %87’lik kısmının eğitim ve öğretim aldıkları mobilya ve dekorasyon bölümünden memnun olmadıkları belirlenmiştir.

Öğrencilerin büyük çoğunluğu (%71.4) mezun olduklarında iş bulma kaygısı yaşayacaklarını belirtmişlerdir. Akyüz ve arkadaşlarının (2009) yaptığı bir çalışmada 2005 yılında orman fakültelerinin son sınıflarında okuyan öğrencilerin %47 oranında mezuniyetten sonra iş bulabilecekleri belirlenmiştir. Aynı yıl son sınıfta okuyan orman endüstri mühendisliği öğrencilerine göre bu oran %59.1 olarak tespit edilmiştir.



## Öneriler

- Ülkemizdeki orman endüstri mühendisliği bölümlerinde gelişen teknoloji ve ihtiyaçlara göre ortak bir eğitim programı geliştirilmeli, yeni açılımlar ve deneyimler paylaşılmalıdır.
- Teknik geziler üzerinde durularak öğrencilerin bölümle ilgili her dersi kapsayacak bir planlamada teknik geziye gitmelerini sağlamak öğrenciler açısından faydalı olacaktır.
- Proje, çizim ve tasarım konularını içeren derslere ağırlık verilmeli, haftanın en az bir günü fabrikada uygulamalı olarak bulunulmalı, çalışılacak alana yönelik seçmeli dersler açılmalı, meslek ile ilgili uygulamalı proje çalışmaları yaptırılmalı, ders programı özellikle 3. ve 4.sınıflarda daha kolay bir araya toplanmalı, öğrenciye meslek adına kendisine ekstra bir şeyler katacak zaman kalmalı, boş günlerde meslek ile ilgili bir yerde deneyim kazanmak isteyen öğrencilere imkan verilmelidir.
- Bitirme ödevleri sektörden gelen talepler doğrultusunda belirlenerek, bir kısmının sektör ile birlikte yapılması sağlanmalıdır.
- Zayıf olan üniversite sanayi işbirliği geliştirilerek, ortak projeler yapılmalı, bitirme çalışmalarının bu projeler çerçevesinde yürütülmesi sağlanmalıdır.
- Lisans düzeyinde sektörde ilk çalışma imkanı mesleki stajlar ile sağlanmaktadır. Bu nedenle öğrencilere mesleki stajın önemi ile ilgili bilgilendirme yapılarak mesleki stajın etkinliği artırılmalıdır.
- Mezuniyet ortalamasında hesaba katılan harf notunun 100 puan üzerinden karşılıklarındaki eşitsizliğin kaldırılması için, tüm orman fakültelerinde ortak bir başarı puanı ve harf notu benimsenmelidir.
- Bölümde öğretim kalitesinin artırılması için laboratuvar, derslik, çalışma ortamı gibi sıralanabilecek olanaklardan öğrencilerin daha fazla yararlanması sağlanmalıdır.
- Fakültelerde öğrencilerin rahatlıkla çalışmalarını yürütebilecekleri ve internetten yararlanabilecekleri ders çalışma salonları ile sosyal faaliyetlerini yapabilecekleri fiziki alanlar oluşturulmalıdır.

## Kaynaklar

- Ağaoğlu, E., 1997. Toplam Kalite Yönetimi-Okul ve Sınıf Yönetimi İle İlişkisi, Anadolu Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi, 7 (1-2) 33-40, Eskişehir.
- Akyüz, İ., Duran, A., Karakuş, B. ve Alıcı, Y., 2004. Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Fakültesi Üçüncü ve Dördüncü Sınıf Öğrencilerinin Eğitim Öğretim Üzerine Düşünceleri, V. Ulusal Orman Fakülteleri Öğrenci Kongresi Bildiriler Kitabı, 2. cilt, ss. 48-52
- Akyüz, K.C., Gedik, T., Aydın, A., Yıldırım, İ., ve Akyüz, İ., 2009. Orman Fakülteleri Son Sınıf Öğrencilerinin Meslek Tercihleri ve Girişimcilik Yetenekleri, KTU Uluslararası İktisadi ve İdari İncelemeler Dergisi, Yıl: 2, Cilt: 1, Sayı: 3, 139-158, Trabzon.
- Anonim, 2010. Düzce Üniversitesi Öğrenci İşleri Daire Başkanlığı Kayıtları.
- Aytekin, A., 2005. Meslek Seçimini Etkileyen Sosyo-Ekonomik ve Kültürel Faktörler Isparta Örneği, Süleyman Demirel Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü Sosyoloji Bölümü, Yüksek Lisans Tezi, 220 s., Isparta.
- Bal, J., Gundry, J., 1999. Virtual Teaming in the Automotive Supply Chain Team Performance Management: *An International Journal*, 5 (6), 174-193.
- Durmuş, Ç., 1996. Değerlerin Meslek Grupları Açısından İncelenmesi, Marmara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Eğitimde Psikolojik Hizmetler Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 163 s. İstanbul.

- Gedik, T., Akyüz, K.C., Aydın, A., Yıldırım, İ. ve Akyüz, İ., 2008, Orman Endüstri Mühendis Adaylarının Bölüm Tercihleri ve İş Bulma Düşünceleri Üzerine Bir Araştırma, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Dr. H. İbrahim Bodur Girişimcilik Uygulama ve Araştırma Merkezi, Girişimcilik ve Kalkınma Dergisi, Cilt: 3, Sayı: 1, Haziran, Çanakkale.
- Gedik, T., Batu, C. ve Akyüz, K.C., 2006. Orman Endüstri Mühendislerine Lisans Düzeyinde Verilen Eğitimin Değerlendirmesi Üzerine Bir Araştırma (Abant İzzet Baysal Üniversitesi ve Karadeniz Teknik Üniversitesi Örneği), Abant İzzet Baysal Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, Cilt: 2, Sayı: 2, Aralık 2006, Düzce.
- Hum, S.H., ve Leow, L.H., 1996. Strategic Manufacturing Effectiveness; An Empirical Study Based on The Hayes-Wheelwright Framework, *International Journal of Operations and Production Managements*, 16 (4), 4-18.
- Koç, K.H., Kurtuluş, A. ve Erdinler, E.S. (2009), Orman Endüstri Mühendisliği Eğitim ve Öğretiminde Yeniden Yapılanma Modeli, I. Ulusal Batı Karadeniz Ormancılık Kongresi Bildiriler Kitabı Bartın Orman Fakültesi Dergisi Özel Sayı 1:71-81.
- Uzun, O., Çınar, H., 1999. Educational Satisfaction And Expectation of Future Careers of The Students in The Furniture And Design Education, *Social and Behavioral Sciences*, Procedia Social and Behavioral Sciences 1, 129–135
- Yıldız, Ü.C., 2010. Orman Endüstri Mühendisliği Eğitim-Öğretim Programında Yenilik Gereksinimi ve Akreditasyon Olanakları, III. Ulusal Karadeniz ormancılık Kongresi, 20-22 Mayıs, Cilt: V, s. 1899-1915



## İşletmelerde Hatasızlığa Yönelim, Altı Sigma Ve Hata Türü Etkileri Analizi

Nafiz DURU<sup>1</sup>, K. Hüseyin KOÇ<sup>2</sup>, Yüksel TAŞ<sup>3</sup>

### Özet

Bu çalışmada işletmelerde hatasızlığa yönelimde önemli bir kavram olan Altı Sigma metodolojisi ile Hata Türü ve Etkileri Analizi kavramı ele alınmıştır. Özellikle kurum ve kuruluşların Altı Sigma uygulamalarına geçmeden önce veya uygulama sürecinde Hata Türü Etkileri Analizi Tekniğinden yararlanmalarının hatasızlığa yönelimde başarı düzeyini artıracığı düşünülmektedir. Zira üretim süreçleri başta olmak üzere tüm süreçlerdeki temel hata türleri tanımlı olmayan, takip edilmeyen ve hata kaynakları bilinmeyen işletmelerin doğrudan hatasızlığı hedeflemeleri çok da gerçekçi görünmemektedir.

**Anahtar Kelimeler:** İşletmelerde hatasızlığa yönelim, altı sigma, hata türü ve etkileri analizi, kalite güvencesi

## Defect-Free Intention Of Companies, Six Sigma And Failure Mode Effects Analysis

### Abstract

This study covers six sigma methodology and failure mode effects analysis as there are important concepts for defect-free intention of companies. It is considered that the institutions and organizations should benefit failure and effects technique before or during six sigma applications as this would increase the level of success. Yet, it would not be realistic for those companies where there are no failure definitions or unknown source of failure, to intend defect-free processes.

**Keywords:** Defect-Free Intention of Companies, Six Sigma, Failure Mode Effects Analysis, Quality Insurance

### 1. Altı Sigma Kavramı

Eski bir yunan harfi olan “*Sigma*” istatistikte bir değişkenlik ölçüsü olan standart sapmayı gösterir. Standart Sapma istatistiksel olarak bir dağılma, yayılma, sapma, farklılaşma ölçütüdür. Altı Sigma yaklaşımı, ölçüm aracı olarak ünite başına hata sayısını (DPU) kullanır. Ünite başına hata sayısı bir prosesin veya ürünün kalitesini ölçmek için iyi bir araçtır. Böylece kusurlar, maliyet ve zaman arasından bağlantı kurulur.

Sigma değeri kusurların hangi sıklıkta meydana geldiğini ifade eder. Daha yüksek sigma değeri daha düşük kusur olasılığı demektir. Kusur müşterinin memnuniyetsizliğine sebep olan herhangi bir şeydir. Bundan dolayı sigma değeri artarken maliyet ve çevrim zamanı azalmakta aynı zamanda müşteri memnuniyeti artmaktadır.

Altı Sigma düzeyindeki firmalar sınıflarının en iyisi olarak kabul edilmektedirler. Bugün firmaların çoğu üç veya dört sigma düzeyindedir. Bu süreçlerdeki hata oranlarının milyonda 6210 ile 66800 arasında olduğunu gösterir. Bu firmalardan hurda ve tamirlerden kaynaklanan başarısızlık maliyetleri satışların %10 -15’i düzeyindedir.

Altı Sigma şirketlerinde ise bu oran sifıra yakındır. Şirketlerin ortalama %10 karlılıkla çalıştığı düşünülürse, Sigma şirketlerin Altı Sigma şirketleri karşısında ayakta kalma şansı oldukça azdır. Çizelge 1’de Sigma düzeyi ile bağlantılı kusur sayısı değerleri verilmiştir. Bir organizasyonda Altı Sigmanın uygulanması ile süreçlerin özelliklerinin belirlenmesi, en iyileştirilmesi ve kontrolüne yönelik standart bir metodoloji ve eğitilmiş bireyler ile çalışılarak, bu çerçevede bir kültür oluşturulur.

<sup>1</sup> Prof.Dr., İstanbul Aydın Üniversitesi, Müh. Mim. Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü

<sup>2</sup> Prof.Dr., İstanbul Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü

<sup>3</sup> Orman Endüstri Yük.Müh., VOLO Mobilya Üretim Planlama Müh.

**Çizelge 1. Sigma Düzeyi ile Bağlantılı Kusur Sayısı Değerleri**

| <b>SİGMA DÜZEYİ</b> | <b>MİLYONDA KUSUR SAYISI</b> |
|---------------------|------------------------------|
| 6 $\sigma$          | 3,4                          |
| 5 $\sigma$          | 233                          |
| 4 $\sigma$          | 6210                         |
| 3 $\sigma$          | 66807                        |
| 2 $\sigma$          | 308537                       |
| 1 $\sigma$          | 690000                       |

### 1.1. Altı Sigmanın Yararları

Altı Sigmanın yararları “sürdürülebilir başarı, herkes için ortak bir performans amacı oluşturulması, müşteriye sunulan değeri artırması, öğrenmeye önem verilmesi, stratejik değişimi gerçekleştirilmesi, hata oranını azaltıp, çıktının iyileştirilmesi, tutarlı ölçüm yönteminin geliştirilmesi, rekabet gücünün artırılması, garanti giderlerinin azaltılması,..” olarak sıralanabilir.

Başarılı uygulamalara bazı örnekler vermek gerekirse, Altı Sigmayı 1890’den beri uygulayan Motorola’nın 19 yılda elde ettiği getiri 11 milyar dolar civarındadır. Motorola dünya çapında verimliliğini 3 katına çıkarmıştır. Diğer bir örnek ise; Altı Sigmaya 1991 yılında başlayan 14 milyar dolar ciroya sahip Allied Signal Inci’nin 8 yılda elde ettiği getiri 800 milyon doları aşmaktadır. Bu miktar toplam cironun %6’sı civarındadır.

### 1.2. Altı Sigma Uygulamalarının Temel Adımları

Süreçlerin sigma düzeylerinin artırılması, Altı Sigma stratejilerinde kullanılan güçlü istatistiksel yöntemlerin doğru kullanılmasıyla çok daha kolaylaşmaktadır. Altı Sigma stratejilerinde, hedeflerin gerçekleştirilmesi için problemlere, her biri güçlü istatistiksel yöntemlerle desteklenen beş bölüm ile yaklaşılmaktadır (Polat ve ark., 2004).

Tanımlama : Süreçten müşterinin beklentileri nelerdir?

Ölçme : Hataların frekansı (sıklığı) nedir?

Analiz : Neden, ne zaman ve nerelerde hatalar olmaktadır?

İyileştirme : Süreci nasıl iyileştirebiliriz?

Kontrol : Süreci iyileştirdikten sonra bu şekilde kalmasını nasıl sağlayabiliriz?

Altı Sigma varolan bir sürecin iyileştirilmesi için kullanılabileceği gibi, bir sürecin veya ürünün tasarımı için de kullanılabilir.

**Tanımlama:** Bu aşamada projenin amacı tanımlanır, süreç ve müşteri hakkında bilgi toplanır. Bu aşamada yaygın olarak kullanılan araçlar aşağıda sıralanmıştır:

- Proje uyum planı,
- Yakınlık (affinity) diyagramı,
- Ürün analizi,
- Paydaş analizi,
- Müşterinin sesi,
- Kano modeli,
- Tedarikçiler, girdiler, prosesler, çıktılar ve müşteriler
- Kritik kalite faktörleri ağacı

**Ölçme:** Bu aşamada mevcut durumu tüm yönleriyle açıklayan bilgiler toplanır. Ölçme aşaması Altı Sigma projelerinin en önemli aşamalarından birisidir. Bu aşamada yaygın olarak kullanılan araçlar;

- Veri toplama planı,
- Öncelik matrisleri,
- Tabakalandırma,
- Çetele diyagramı,
- HTEA (FMEA),
- Koşu şemaları,
- Frekans poligonları,
- Süreç yeterliliği,
- Kontrol şemaları,
- Pareto şeması,
- Süreç sigması,
- Örnekleme,
- Tekrar edebilme&yeniden üretebilme ölçümü,

**Analiz:** Analiz safhasında problemlerin temel nedenleri hakkında teoriler geliştirilecek, bu teoriler verilerle doğrulanacak ve en son olarak problemlerin temel nedenleri tanımlanacaktır. Bu aşamada yaygın olarak kullanılan araçlar;

- Yakınlık diyagramları
- Sebeup-sonuç diyagramları,
- Çetele diyagramı,
- Deneu tasarımı,
- Frekans poligonları,
- Güven aralıkları,
- Serpme diyagramı,
- Pareto şemaları,
- Beyin fırtınası,
- Veri toplama planı,
- Kontrol grafikleri,
- Akış şeması,
- Hipotez testleri,
- Regresyon analizi,
- Örnekleme,

**İyileştirme:** İyileştirme safhasında nedenleri ortadan kaldırmayı hedefleyen çözümler geliştirilir, uygulanır ve değerlendirilir. Bu aşamada yaygın olarak kullanılan araçlar;

- Beyin fırtınası,
- Deneu tasarımı,
- HTEA (FMEA),
- Planlama araçları (Ağaç diyagramı Gantt şemaları)
- Hipotez testleri
- Veri toplama,
- Akış şemaları,

**Kontrol:** Yürütölen planın geliştirilmesini, dokümantasyonunu ve uygulanmasını isteyerek, sürecin eskiye dönmesine izin vermeden geliştirilmesini kontrol etme işi bu aşamada gerçekleştirilir. Bu aşamada kullanılan araçlar;

- Kontrol kartları,
- Veri toplamı,
- Proses kontrol,
- Son kontrol,
- Akış diyagramı,
- Kalite kontrol,
- Ara kontrol,
- Standardizasyon,

### 1.3. Altı Sigma Uygulamalarının Temel Amaçları ve Çalışanlara Katkıları

Altı Sigma uygulamalarında temel olarak kuruluşlar aşağıdaki amaçlar için çalışırlar.

- Kuruluşun mevcut olan potansiyelini gerçekleştirebilmek,
- İyileştirme fırsatlarını fark edebilmek,
- Verimsizlikten ve kalitesizlikten kaynaklı geri döndürülebilir kayıpları azaltmak,
- Müşteri beklentilerinin ötesine geçmek,
- Verileri bilimsel metotlarla analiz ederek bilgiye dönüştürmek ve bu bilgiyi kullanarak doğru kararlar vermek,
- Rekabet gücünü artırmak,
- Çalışanları yetkinleştirerek motive etmek,
- Çalışanları problem çözme teknikleri ve yaklaşımları ile donatarak problem savaşçıları haline getirmek.

Altı Sigma uygulamaları hem kuruluşlara hem de çalışanlara değer katar. Altı Sigma uygulayan kuruluşların çalışanları:

- Problemleri sahiplenmeyi bilir ve onları çözme sorumluluğunu kabul ederek iyileştirme fırsatlarına aktif bir şekilde katılır.
- Ekip olmayı ve problemlere ekip olarak yaklaşmayı öğrenir.
- Bilgi ve deneyimlerini iş arkadaşlarıyla özgürce paylaşmanın önemini bilir.
- Kuruluş hedeflerini ileri götürmede yenilikçi ve yaratıcı olur. Bilgi ve deneyimlerini arttırarak yetkinleşir.
- İşlerinden tatmin duyar ve kuruluşa ait olmaktan dolayı hevesli ve gururlu olur.

## 1.4 Altı Sigma ve Diğer Yönetim Sistemleri

Rekabetçi maliyet ve müşteri beklentilerinin karşılanması her kuruluşun stratejisidir. Bugün dünyada yaygın olarak kullanılan bütün yönetim sistemlerinin temel çıkış noktası da budur. Altı Sigma bu temel yaklaşım bakımından bütün yönetim sistemleri ile uyum içerisindedir.

İyi işleyen bir Kalite Yönetim Sistemi (ISO 9001:2000) Altı Sigmanın aradığı bir altyapıdır. ISO 9001:2008'in temelini oluşturan 8 Kalite Yönetim Prensiplerinin tamamı altı sigma için de aynen geçerlidir.

Altı Sigma Toplam Kalite Yönetimine (TKY) ve/veya EFQM Mükemmellik Modeline alternatif bir uygulama değildir. TKY'ye, EFQM'e veya ulusal/uluslararası kalite ödülüne giden yolda etkili ve bütünleyen bir araçtır.

## 1.5 Altı Sigma Uygulamalarında Başarı Koşulları

Altı Sigmanın etkin uygulanabilmesi için kuruluşların "sistemik altyapı ve çalışan profili" gibi 2 temel noktadaki gereksinimleri karşılamış olmaları gerekir.

**Sistemik alt yapı:** Düzenli veri üreten sistemik bir alt yapı, altı sigma uygulamalarının en fazla ihtiyaç duyduğu noktadır. Tepe yönetimin ve kuruluşun hedef ve hayalleri; iş dünyasında lider olmak, öncü olmak, iddialı olmak gibi hedefleri/hayalleri olan ve bilimsel yaklaşımlara inanan yöneticiler ile daha iyi sonuçlara ulaşır.

**Çalışan profili:** Bir kültürel değişim süreci olan altı sigma uygulamaları, yetkin ve öğrenmeye hevesli çalışanlara ihtiyaç duyar. Kavramsal, bütünsel ve analitik düşünme yapısına sahip çalışanlarla altı sigma çalışmaları etkili sonuçlar verir (<http://erp.karmabilgi.net/6sigma-nedir>, 2008).

## 2. Hata Türü ve Etkileri Analizi Kavramı

Kısaca Hata Türü ve Etkileri Analizi (Failure Mode Effect Analysis -FMEA-), bir üründe oluşabilecek tasarım ve/veya proses kökenli tüm hata türlerini sistemik olarak inceler. Her tür hata/arıza'nın, müşteri üzerinde oluşturacağı olası etkilere göre analizler yapılır. Bu analizlerin hepsi ürün daha pazara çıkmadan önce, hatta tasarım ve/veya deneme üretimleri sırasında gerçekleştirilir. Böylece hataların daha oluşmadan önlenmesi sağlanmaya çalışılır.

Hata Türü ve Etkileri Analizi tekniği aşağıda sıralanan şekilde bir çeşitliliğe sahiptir ve uygulama alanları her türlü üretim ve hizmet şeklini kapsamaktadır (<http://www.quality-one.com/main.cfm?cmd=fmea>, 2009).

FMEA kullanım yerleri bakımından; Sistem FMEA, Tasarım FMEA, Proses FMEA ve Servis FMEA olmak üzere başlıca dört başlık altında ele alınabilir. Ancak FMEA temel olarak "Ürün-Proje (Tasarım) veya Ürün-Proses" olmak üzere iki temel bazda incelenebilir. Aşağıda yaygın kullanımı da dikkate alınarak Proses FMEA üzerinde durulacaktır.

**Proses FMEA:** Ürünün proseslerindeki potansiyel hataları belirleyen analitik bir tekniktir. Üretim veya montaj sırasında herhangi bir hata oluşuyorsa, süreçlerin neden bu hatayı meydana getirdiğini incelemek için yapılır. Üretim veya montaj süreçlerinin analizine yardımcı olur ve düzeltici faaliyetlerin önceliklerini belirler, kritik veya önemli olan süreçler ve özelliklerini saptar, kontrol planı oluşturmada yardımcı olur ve bununla ilgili planlar sunar. Hataların olası müşteri tepkisini yorumlar, olası üretim veya montaj proseslerindeki hata sebeplerini belirler ve bunların önceden saptanıp önlenerek kontrol altında tutulmasını sağlar.

Proses FMEA'ları aynı zamanda yeni bir makine veya ekipman proseslerinin geliştirilmesinde de yardımcı olur. Metot aynıdır; sadece tasarlanmakta veya satın alınmakta olan makine, ürün olarak düşünülmektedir.

Proses FMEA’da cihaz ya da insan kaynaklı hata olmak üzere iki hata kaynağı üzerinde yoğunlaşılır. Cihazlardan kaynaklanan hatalarda, Jig (yüksekliği ayarlanabilir istasyonlar) ve/veya takım-teçhizat destekli yarı otomatik veya otomatik işlemler, insan kaynaklı hatalarda ise personelce yapılan manuel işlemler esas alınır.

Bu alanlarda hata türü analizi yapılırken; personelin eğitiminin uygunluğuna, iş döngüsü ve prosedürlerin uygunluğuna, akış uygunluğuna, jigler ve tesislerin uygunluğuna, kontrol döngülerinin uygunluğuna, kontrol cihazlarının uygunluğuna, bakım sıklığının uygunluğuna, bakılır.

Proses FMEA;

- Tasarım FMEA sonrası,
- Yeni yerleştirilmiş proseslerde,
- İş planı taslağından sonra,
- Seri üretim öncesi yapılır.

## 2.1. FMEA’nın Kullanım Alanları, Amaçları ve Organizasyonu

FMEA’nın üzerinde odaklandığı konular; “hatanın bulunması, hatanın risk önceliğinin saptanması, düzeltici ve önleyici faaliyetlerin gerçekleştirilmesi, hatanın müşteriye ulaşmadan engellenmesi” olarak sıralanabilir (Yılmaz, 2000). Bu yönüyle bu teknik, yeni malzeme ve yeni malzeme geliştirme, yeni proses, proses parçaları, mamul değişiklikleri, proses değişiklikleri alanlarında kullanılır.

FMEA tekniğinin öncelikli amaçları şunlardır (Yılmaz, 2000):

- Potansiyel hataları önceden belirleyerek bu hataların oluşmasını engellemek.
- Nihai ürünün müşteri ihtiyaç ve beklentilerini karşıladığından emin olmak için, bir ürünün tasarım karakteristiklerini analiz etmek.
- Potansiyel hata türleri belirlendiğinde, onları ortadan kaldırmak için düzeltici önlemleri almak veya sürekli bir şekilde onların oluşma potansiyellerini azaltmak.
- Sistemin dayandığı neden ve ilkeleri yazılı hale getirmek.
- Proses geliştirilmesinde mühendislerin düşüncelerini özetlemek.

FMEA organizasyonu aşağıdaki adımlarla gerçekleştirilir.

- Bir FMEA çalışma grubu oluşturulmalıdır (Kasa ve Boran, 1993; Mil-Std 1629 A, 1984):
- Grup lideri (Animatör) seçilmelidir.
- Grubu oluşturan üye sayısı 5–8 kişi arasında olmalıdır.
- Grup, sorumlu ve konu hakkında deneyimli kişilerden oluşmalıdır.
- Mühendislik, kalite güvence, imalat bölümündeki üyeler doğal üyelerdir.
- Bir FMEA çalışması 2 aylık bir süreyi aşmamalıdır.
- Toplantılar 3 saatten fazla olmamalıdır.
- Çalışmanın sınırları belirlenmelidir.
- Toplantılar FMEA çalışmaları sonuçlanıncaya kadar periyodik olarak sürdürülmelidir.
- Üst yönetimden kişilerin de grupta yer alması sağlanmalıdır.

## 2.2. FMEA’da Değerlendirme

FMEA yönteminde değerlendirmenin amacı; muhtemel risklerin sayısal olarak ifadesi ve sınırlandırılmasıdır. Bu aşamada her bir olası hatanın risk esasına göre kritiklikleri belirlenir. Kritikliği belirleyen ölçüt, kritiklik sayısı veya onun eşdeğeri olan “Risk Öncelik Göstergesi (RÖG)”dir. RÖG risk faktörlerinin olasılık değerleri kullanılarak hesaplanır.

Frekans indisi muhtemel nedenin ve bunun yol açtığı hata şeklinin gerçekleşmesi olasılığıdır. Bu durumda olasılık değeri, hata nedeni ortaya çıkma olasılığı P1 ile hata nedeni oluştuktan sonra bunun hata türüne yol açması koşullu olasılığı, P2/1'in çarpımı ile bulunur (Mil-Std 1629 A, 1984).

Hata nedeninin oluşma olasılığı istatistiksel yöntemler ve benzer ürünlerden yararlanılarak belirlenir. Veri tabanları oluşturulmamış ise veya hesaplama yöntemleri kullanılmıyorsa grup üyelerinin deneyimlerinden faydalanılır.

FMEA yönteminde hatanın önemi hatanın müşteriye yansıyan sonuçlarını ifade eder. Hatanın etki düzeyi arttıkça önem de artar. Hata şekillerinin olası sonuçlarını niteliksel bir ölçü ile değerlendirebilmek amacıyla sınıflandırma yapılır. Bu sınıflandırma analiz edilen her birimin, ürünün veya sistemin hata türünün sonuçlarının kayıp ile ifadesidir.

Etki derecelerine göre bir önem sınıflandırması aşağıda verilmiştir (Mil-Std 1629 A, 1984):

1. **Derece Hata:** Güvenlik problemlerine yol açan hata
2. **Derece Hata:** Büyük hoşnutsuzluk ve tamir masraflarına yol açan hata
3. **Derece Hata:** Hoşnutsuzluğa sebebiyet veren hata
4. **Derece Hata:** Müşteriyi zor durumda bırakan hata
5. **Derece Hata:** Performansı düşürmeyen hata
6. **Derece Hata:** Farkına varılmayan hata

RÖG, kritiklik sayısı göstergesidir. FMEA'da her hata nedeni şu üç indis ile kıyaslanır: Önem (ağırlık), Frekans (sıklık), Tespit (Saptama).

RÖG değeri ile her bir hata türü için riskler tanımlandığından en büyük RÖG'e sahip olandan başlayarak uzun dönemde ortadan kaldırılması kısa dönemde en aza indirilmesi için alınacak düzeltici önlemler belirlenir.

Önem, tespit, frekans indislerine sayısal değer atamada kullanılan sayı aralığının büyüklüğüne ilişkin bir standart yoktur. Sıkça kullanılan iki aralık 1–5 ve 1–10 aralıklarıdır. Yaygın olarak kullanılan aralık 1–10 aralığıdır (Kasa ve Boran, 1993; Mil-Std 1629 A, 1984; Prasad, 1990; Lieberman, 1990).

RÖG, Önem, Frekans ve Tespit değerlerine atanan değerlere çarpma işleminin uygulanması ile hesaplanır.

$$RÖG = Ö(Önem) \times F(Frekans) \times T(Tespit)$$

Bir FMEA uygulamasında hesaplanan RÖG değeri için aşağıdaki şartlar geçerlidir;

Ö = Değiştirilemez

T = Kontrol mekanizmalarının etkinliğinin araştırılması

P1 =P1'i aşağıya çekmek için ürün hatasına hakim olmak gerekir.

P2/1=P2/1'e hakim olmak tasarımda değişikliği gerektirir veya tanımda değişikliği gerektirir (Toleransların değişimi, malzeme değişimi, form değişimi vb.).

Ele alınacak RÖG değerleri aşağıdaki kurallar çerçevesinde belirlenebilir (Akın, 1998);

- İlk iki RÖG değeri el alınır ya da ilk üç RÖG değeri incelenir.
- Hata sebeplerinden en yüksek RÖG değerine sahip %25 incelenir.
- RÖG değeri belli bir sınırın üzerinde olanlar incelenir. Bu sınır değer maksimum RÖG değerine bağlı olarak 100 ve 150 gibi bir değer alınabilir.
- Etki Önem Derecesine bağlı olarak aşağıdaki Çizelge 2 yardımıyla seçilir.



**Çizelge 2.** RÖG değerinin etki önem derecesine bağlı olarak seçilmesi

| Etki Önem Derecesi | RÖG > = |
|--------------------|---------|
| 10 (Emniyet)       | 40      |
| 8-9                | 90      |
| 5-6-7              | 120     |
| 1-2-3-4            | 150     |

### 2.3. Düzeltici Faaliyetler, İzleme ve Uygulama, Doğrulama

Düzeltici faaliyetler, RÖG değerleri daha önceden belirlenmiş bir seviyeyi aşan hata nedenleri için uygulanır. Düzeltici önlemler ile RÖG değerleri aşağıya çekilmeye çalışılır. Bu değerlerin küçültülmesi önem, frekans ve tespit gibi risk faktörlerine atanan değerlerin küçültülmesi ile mümkün olacaktır (Lieberman, 1990; Baykoç, 1998).

İzleme ve uygulama aşamasında amaç, eşik değeri üzerinde bulunan RÖG katsayılarının, eşik değerin altına çekilmesini izlemek ve bunun devamını sağlamaktır. Bu amaçla organizasyonda, akış diyagramında ve imalatta kullanılan araçlarda değişiklikler yapılır (Baykoç, 1998; Mc Kinney, 1991).

Doğrulama adımı amaç, düzeltici önlemlerin uygulanmasının ve sistemin zaman içinde değişime uğramamasının doğrulanmasıdır. Doğrulama aşamasında, uygulama sırasında kullanılan tüm FMEA sentez formları, bütün kabul ve koşullar ve sonuçlar dokümanite edilerek, raporlanmalıdır (Baysal ve ark., 2002).

FMEA çalışmaları sonucunda;

- Hata giderilinceye kadar prosesin durması sağlanır,
- Hataları önleyecek programlar hazırlanır,
- Makine, tezgah ve proses akışını gerçekleştiren donanımda hangi elemanların yenilenmesi gerektiği,
- Dizayn ve spesifikasyonlarda ne gibi değişikliklerin yapılacağı,
- İhtiyaç duyulan bakım süresi ve gerek duyulan bakım araç-gerecin ne olduğu,
- Gerekli görülen testler,
- Bakım, operasyon, kontrol talimatlarında yapılacak değişiklikler belirlenir.

## 3. TÜRKİYE' DE VE DÜNYA'DA ALTI SİGMA VE FMEA ÇALIŞMALARI

Türkiye'de Altı Sigmayı uygulayan bazı firmalar; Arçelik, Borusan, Bosh, Çimtaş, Dow Chemisan, Ego, Fırat Plastik, Ford Otosan, Kalekim, Kordsa, Sasa, Teba, Tei, Vestel, Vitro ve İstikbal Mobilya olarak sıralanırken, Dünya'da Citibank, Ericsson, Fiat, Ford, Hyundai, Jaguar, Kodak, Motorola, Nokia, Pirelli, Samsung, Shell, Sony, Quntum, Toshiba, Volvo başarılı örnek firmalar olarak sayılabilir.

### 3.1. Altı Sigma Çalışmaları

Altı Sigma konusu 1980'li yılların başında Motorola tarafından uygulamaya konulmuş, gün geçtikçe üretimden satışa, tasarımdan servise tüm iş alanlarında yaygınlaşan ve olumlu sonuçlar alınan yöntem olmuştur. Bu bölümde Altı Sigma konusunda yapılan çalışmalar incelenmektedir.

Hahn ve ark. (1999), bütün sektörlerde yürütülen Altı Sigma çalışmalarının, uygulandığı işletmeleri bulunduğu noktadan daha ileriye götürmekle kalmayıp aynı zamanda bu

çalışmalarda görev alan personeli de (özellikle istatistikçileri) mesleki açıdan üst noktalara taşıdığını belirtmişlerdir.

Deshpande ve ark. (1999), kimya sektörü ile ilgili olarak yaptıkları bir araştırmada Altı Sigma'ya dayalı kalite programlarının, hataları gözle görülür bir şekilde azaltmasının yanında, müşteri memnuniyetini ve pazar payını yükselttiğini ve çalışanların performansını arttırdığını göstermişlerdir.

Blakeslee 1999 yılında yaptığı çalışmada, kalite düzeyinde ve rekabet gücünde büyük sıçramalar yapabilmek için neden Altı Sigma metodolojisinin uygulanması gerektiğini, 3 Sigma düzeyinde çalışan bir bagaj taşıma süreci ile kıyaslama yaparak açıklamaya çalışmıştır. Çalışmasında ayrıca başarıya ulaşmak için uyulması gereken ana prensiplerden ve bunu yapmak için gerekli olan adımlardan bahsetmiştir (Stamatis, 2003).

2000 yılında Pande ve arkadaşları Altı Sigmanın sistemin önde gelen şirketlerin verimliliği arttıran, maliyetleri düşüren ve müşteri memnuniyetini yükselten yeni bir şekle dönüştürdüğünü açıkladıkları çalışmalarında adım adım rehberlik ve uygulama kurallarıyla Altı Sigmayı uygulamak için bir yol haritası sunmuşlardır (Polat ve ark., 2005).

De Mast ve ark. (2000), kalite iyileştirme çalışmalarında istatistiksel metotların uygulanmasının oldukça faydalı olduğunu ifade ederek, literatürde değişik isimler altında uygulanan bu metotların birbirleri ile olan ilişkileri, benzerlikler ve fonksiyonlar açısından farklılıklarını ele almışlardır.

Wyper ve Harrison (2000), Altı Sigma'yı oldukça farklı bir alanda uygulayarak insan kaynakları departmanlarının temel amacı olan doğru zamanda, doğru ücret ile doğru insanı doğru yerde istihdam etme hedefi üzerinde çalışmışlardır. Çalışmada, öncelikle sürecin müşterileri tanımlanmış ve sürecin haritası çıkartılmıştır. İstatistiksel kontrol kartları, neden sonuç diyagramı ve pareto analizi teknikleri de kullanılarak 18 ayda (hizmet kalite değişmeden veya daha iyi olarak) personel maliyeti %34 azaltılmış, genel giderlerde ise 25000 pound'luk azalma sağlanmıştır. Ayrıca, müşteri memnuniyetinde artış meydana gelmiştir.

Calcutt (2001), Motorola, General Electric, Black&Decker, Allied Signal (Honeywell), ABB ve Bombardier gibi büyük şirketlerin performanslarını olumlu yönde nasıl geliştirdiklerini konu edindiği çalışmasında Altı Sigmayı uygulamak isteyen diğer kuruluşlara yardımcı olabilmek amacıyla Altı Sigma stratejisinin ne olduğunu ve onlar için neler yapılabileceğini açıklamıştır. En önemli nokta olarak da anılan büyük şirketlerin Altı Sigma uygulamalarını kurum kültürünün bir parçası haline getirdikleri vurgulanmıştır.

Hoerl (2001), Altı Sigma uygulamalarında sıkça adları geçen "Siyah Kuşak", "Usta Siyah Kuşak" ve "Yeşil Kuşak" gibi kavramların ne olduğunu açıkladıktan sonra bu unvanlara sahip olabilmek için ne tür bir alt yapıya sahip olunması gerektiği ve bunun üzerine ne tür eğitimlerin alınması gerektiğini vurgulamıştır. Çalışmada, Altı Sigma uygulamalarının bel kemiğini oluşturan "Siyah Kuşaklar" üzerinde durulmuştur (Hoerl, 2001).

Neuscheler-Fritsch ve Norris (2001), Altı Sigma uygulamalarından finansal anlamda getiri elde edebilmek için yerine getirilmesini zorunlu gördükleri 5 ayrı hususu açıklamışlardır. Bu hususlar sırasıyla; işin finansal yönü ile ilgilenecek bir muhasebecinin istihdam edilmesi, finansal göstergelerin proje amacı doğrultusunda dokümanite edilmesi, Altı Sigma kavramının uygulanabilmesi için projelerin gözden geçirilmesi, elde edilen getirilerin ortaya çıkarılması ve süreç iyileştirmesinin içine risk yönetimi ilave edilmesidir.

Gross (2001), işletmelerin Altı Sigma kalite düzeyine giden yolda başarıyı sağlamlarının kültürel anlamda bir devrim yaratmalarına bağlı olduğunu ifade ederek, işletmenin her seviyesindeki bütün çalışanların katılımının kaçınılmaz olduğunu vurgulamışlardır. Çalışmada ayrıca küçük ölçekli işletmelerde Altı Sigma stratejisinin uygulanması için nelerin yapılması gerektiği de açıklanmıştır.

Chowdury (2001), Altı Sigmanın sağlamış olduğu getirilerin daha iyi anlaşılması amacıyla Altı Sigmanın 5 aşaması olan Tanımlama, Ölçme, Analiz, İyileştirme ve Kontrol aşamalarının daha iyi kavranmasını hedeflediği çalışmasında Altı Sigma ile ilgili karmaşık teorileri basite indirgemeye ve herkes tarafından anlaşılır hale getirilmesine çalışmıştır.

Chonghun ve Young-Hak (2002), çalışmalarında Altı Sigmanın temel araçlarını (TÖAİK) kullanarak fabrika mühendislerinden operatörlerine rehberlik edecek bir tesis bilgi sistemi oluşturmayı amaçlamışlardır. Sistemi kurarken TÖAİK'in yanı sıra çok değişkenli istatistiksel süreç kontrol tekniklerini kullanmışlardır.

Gijo ve Rao (2005), birçok çalışmanın aksine başarı öyküleri değil tecrübelerinden yola çıkarak Altı Sigma çalışmaları sırasında karşılaşılan zorlukları ele almışlardır. Bu zorluklardan bazıları; amacın kapsamının yetersiz olması, çalışmanın birçok alana yayılmış olması, getirilen yenilikler, kaynak eksikliği, fonksiyonlar arasında koordinasyon eksikliği, sonuç elde etmedeki acelecilik, kuşakların seçimi ve uygun olmayan proje seçim kriterleri'dir. Ayrıca çalışmada Altı Sigma uygulamaları sırasında karşılaşılan bu zorlukları aşabilmek için öneriler de bulunmaktadır.

Altı Sigma prensip ve araçları kullanılarak kamu sektöründe yapılan bazı çalışmalara da rastlanmaktadır. Örnek bir çalışma, müşteri servisinin iyileştirilmesini ve sunulan hizmetin etkinliğini arttırmayı hedefleyerek Hindistan'daki Fort Wayne Belediyesi tarafından yapılmıştır ([www.cityoffortwoyone.org/6sigma.htm](http://www.cityoffortwoyone.org/6sigma.htm), 2005).

Antony ve ark. (2008), yalın altı sigma'nın küçük ve orta ölçekli işletmelerde (KOBİ) nasıl uygulanabilirliği yönünde çalışma yapmışlardır. Pilot uygulama alanı seçilen bölgedeki sonuçlar değerlendirilerek, başarı için neler yapılması gerektiği konusunda bilgiler verilmiştir.

### 3.2. FMEA Çalışmaları

FMEA ile ilgili yapılan çalışmalar genelde otomotiv sektörü ve maliyetlerin azaltılmasına odaklanmıştır. Bu çalışmalar kısaca özetlenirse;

Baysal ve ark. (2002), FMEA çalışmasının nasıl yapılacağı gösterilmeye çalışılmıştır. Burada FMEA süreci, otomotiv endüstrisinde bir uygulaması ve takım çalışması üzerinde durulmuştur. Bir otomotiv yan sanayi işletmesinde gerçekleştirilen FMEA uygulaması neticesinde deneysel değerler kullanılarak (bu nedenle gruba üye seçimi çalışmanın başarısı açısından hayati önem taşımaktadır) proseste olabilecek muhtemel hatalara karşı önlemler geliştirilmiş ve bunların takibine karar verilmiştir.

Atmaca ve Keskin (2005) tarafından yapılan çalışmada, Bursa ilindeki otomotiv yan sanayi işletmelerinin katıldığı TS 16949 Kalite Yönetim Sistemine (KYS) yönelik bir saha araştırması gerçekleştirilmiştir. Uzman yöneticilerin görüşleri doğrultusunda hazırlanan anketler, SPSS paket programında değerlendirilerek, işletmelerin beklentileri ve belgelendirme sonrası elde edecekleri rekabetçi avantajlar ortaya konmuştur. Ayrıca, TS 16949 Kalite Yönetim Sistemine ait bir metot olan, FMEA yönteminin uygulanmasının işletmelere getireceği avantajlar üzerinde de durulmuştur.

Eleren (2007), tarafından yapılan çalışmanın konusu işletme lisans programlarında bulunan üretim yönetimi dersinin eğitim sürecinde başarısızlığa neden olan hata türlerinin FMEA ile değerlendirilmesi üzerinedir. Aynı zamanda eğitim sürecinin geliştirilmesi (iyileştirilmesi) çalışmasının da ilk aşamasını oluşturmaktadır. Üretim yönetimi dersinde elde edilen deneyimler, gözlemler ve öğrencilere yapılan anket uygulamaları çerçevesinde elde edilen bilgiler ışığında derste başarısızlığa neden olan hata türleri belirlenmiş ve FMEA yöntemi ile verilerin değerlendirilmesi sonucu risk öncelik göstergesi puanları hesaplanmıştır. Bu puanların büyükten küçüğe doğru sıralanması sonucunda risklerin önem düzeyi sıralamaları da elde edilmiş ve sürecin geliştirilmesine hazır hale getirilmiştir. Bu çalışmanın devamı olarak süreç iyileştirme faaliyetlerine bir çevrimlik iyileşme sağlanmıştır. Tekrar FMEA yapılarak önceki sonuçlarla karşılaştırıldığında risklerde %21,14 azalma sağlanmıştır.

Erginel (2008), bu çalışmada mekanik termostatın parçaları, müşteri gereksinim ve beklentileri kriter alınarak Analitik Hiyerarşi Süreci ile önceliklendirilmiş ve önceliklendirilen parçalara tasarım FMEA uygulanmıştır. Tüm parçalar göz önüne alınarak yapılan tasarım FMEA'daki hata türleri sayısı ile, önerilen modeldekiler karşılaştırılmış ve %35 azalma tespit edilmiştir. Bu da aynı oranda zaman ve maliyet tasarrufuna karşılık gelmektedir.

Taş (2010), tarafından gerçekleştirilen yüksek lisans çalışmasında, FMEA analizi orta ölçekli, önemli ölçüde ileri teknoloji kullanan bir mobilya işletmesinde uygulanmıştır. Proses FMEA uygulaması ile mobilya işletmesi için tanımlanan 15 ana süreçte toplam 42 hata tipi tanımlanmış ve önemli iyileştirme fırsatlarının varlığı gösterilmiştir. Bu hata gruplarında, grup ve hata türüne göre değişmekle birlikte RÖG değerlerinde yaklaşık 3 katlık bir azalma gerçekleşmiştir. Örneğin ebatlama işlemindeki gönyesiz kesim RÖG değeri 252'den 84'e, metal işlemede gönyesiz kaynak RÖG değeri 180'den 54'e, postforming işlemindeki laminat kırılması RÖG değeri 144'den 81'e düşmüştür.

#### 4. Sonuç ve Öneriler

İşletmeleri ekonomik yönden güç duruma düşüren hatalı ürünlerin hiç üretilmemesi elbette istenen ideal bir durumdur. Ancak hatasızlığa teorik olarak yönelmek mümkün olsa bile uygulamada en azından rastgele nedenlerden dolayı hatalara mutlaka rastlanmaktadır. Bugünün işletmecilik dünyasında önemli olan üretim aşamasında, ürünler tüketiciye ulaşmadan önce sistematik ve belirli nedenlerden kaynaklanan hataların tespit edilmesi ve tekrar oluşmaması için gerekli önlemlerin zamanında alınabilmesidir. Bu açıdan metodolojik bir yaklaşım olarak 6 sigma, doğrudan somut bir uygulama tekniği olarak ise Hata Türü ve Etkileri Analizi (FMEA) önem kazanmaktadır. Özellikle Toplam Kalite anlayışının özünü oluşturan müşteri gereksinimlerinin karşılanması çabası FMEA uygulanmasıyla önemli ölçüde güvenceye alınabilmektedir.

Hatasızlığa yönelim teknik anlamda işletmelerde süreçlerin sigma düzeylerinin artırılması demektir. Altı Sigma hedefi, her bir aşaması güçlü istatistiksel yöntemlerle desteklenen beş aşama halinde uygulamaya konmaktadır. Bu adımlar; “tanımlama-süreçten müşterinin beklentileri, ölçme-hataların frekansı (sıklığı), analiz-neden, ne zaman ve nerelerde hata oluşmakta, iyileştirme-sürec nasıl iyileştirilebilir, kontrol-süreci iyileştirdikten sonra bu şekilde kalması nasıl sağlanabilir” şeklindedir. Bu adımlardan Ölçme ve İyileştirme adımlarında belirleyici ve yönlendirici olan temel teknik FMEA tekniğidir. Nitekim bu tekniğin kalite güvencesini hedefleyen bir mobilya işletmesinde uygulanması ile, hata türlerinde sayı, şiddet ve gerçekleşme olasılığı değerleri 1 ile 6 kat arasında azalmıştır (Taş, 2010).

Bir işletmede tüm süreçlerin takip edilmesini ve güvence altına alınmasını sağlayacak ISO 9001:2008 gibi bir Kalite Yönetim Sistemi mevcut değilse o işletmede güvenilirlikten çok fazla söz edilemez. Elbette bir kalite güvence sistemine sahip olmak da hatasızlık için tek başına yeterli değildir. İşletmelerde kalite güvence sistemlerinin tam olarak sağlanabilmesi ancak Altı Sigma, FMEA gibi yaklaşım ve tekniklerin birlikte uygulanma başarısına bağlıdır. Öncelikle işletmede oluşan veya oluşabilecek hataların adları konulmalı, kayıtları sistematik bir şekilde tutulmalıdır. Ancak bu şekilde gerçek veriler üzerinde detaylı analizler yapılabilir, örneğin hataların ne sıklıkla, ne türde, nereden kaynaklandıkları tespit edebilir ve bu olumsuz sonuçların çözümlenmesi ile ilgili işlemler başlatılabilir.

Gerek Altı Sigma ve gerekse FMEA gibi tüm tekniklerde en önemli kavramlardan birisi de işletme içi eğitim ve personelde oluşturulması gereken kalite kültürüdür. Çalışanların istekli, girişken ve araştırmacı olması önemlidir. Erteleme alışkanlığından kurtulmuş, kısa ve basit adımlarla etkili sonuçlara ulaşmayı alışkanlık haline getirmiş bir personel yapısı sağlanmalıdır.

İşletmelerde hataların oluşmasında ve ortaya çıkmasında birçok etken vardır. Üretilen ürünler yanında bu ürünleri üretmek için kullanılan malzemeler, makine parkuru, üretim prosesi, bakım faaliyetleri ve personelin nitelikleri bilinen parametrelerdir. Bu etkenlere göre ürünün siparişinden, teslimine kadar harcanacak zaman değişebilir. Bu değişimde, üretim yöntemi, personelin bilgi birikimi, motivasyon düzeyi, yönetim anlayışı ve kalite kriterleri yine çok etkilidir.

İşletmelerde hatasızlığa yönelimde tüm faktörlerin kontrol altında tutulmasında, süreç şemalarının varlığı, bu şemalara göre prosedürlerin oluşturulması, prosedürleri destekleyen talimatların ve formların geliştirilmesi, görev tanımlarının yapılması olmazsa olmaz işletmecilik gerekleridir. Süreci veya ürün gamını etkileyecek bir değişiklik yapıldığında gerekli kayıtlar tutulmalı ve ilgili yerlerdeki dokümanlar güncellenmelidir.

Firma içi tetkiklerin ve kalite geliştirme çalışmalarının sistematik bir şekilde takibi önemlidir. Alınan siparişe ilgili tanımlamalar; sipariş alımının doğru yapılması, tasarım çalışmalarında üretim sürecinin göz önüne alınması, malzeme girdi, proses ve çıktı kontrolleri, kontrollerde kullanılan ölçü aletlerinin güvenilirliği ve kalibrasyonu hatasızlığa yönelimde göz ardı edilememesi gereken çalışmalardır.

## Kaynaklar

- Akın, B 1998. ISO 9000 Uygulamasında İşletmelerde Hata Türü ve Etkileri Analizi (HTEA), Bilim Teknik Yayınevi, İstanbul, 35/87
- Antony J, Kumar M, Labib A, 2008. Gearing Six Sigma into UK Manufacturing SME's: Results From A Pilot Study, *Journal of The Operational Research Society*, **4**: 482-493.
- Atmaca E, Keskin H, 2005. Bursa İli Otomotiv Sektöründe TS 16949 Kalite Yönetim Sistemi'nin Rekabetçi Avantajları, *V. Ulusal Üretim Araştırmaları Sempozyumu*, İstanbul Ticaret Üniversitesi, 209.
- Baykoç, Ö F 1998. Karar Ağaçlarında Risk Analizi Yaklaşımı, *G.Ü.Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, **11(2)**: 367-374.
- Baysal M E, Canyılmaz E, Eren T. 2002. Otomotiv Yan Sanayiinde Hata Türü ve Etkileri Analizi, *Teknoloj*, **1-2**: 87.
- Calcutt R, 2001. Why is Six Sigma Successful, *Journal of Applied Statistics*, 301-306.
- Chonghun H, Young-Hak L, 2002. Intelligent Integrated Plant Operation System for Six Sigma, *Annual Reviews in Control*, 27- 43.
- Chowdury S, 2001. The Power of Six Sigma, Subir Chowdhury, Chicago, 25-43.
- De Mast J, Schippers W A J, Does R J M M, Van Den Heuvel E R, 2000. Steps and Strategies in Process Improvement, *Quality and Reliability Engineering International*, 301-311.
- Deshpande P B, Makker S L, Goldstein M, 1999. Boost Competitiveness via Six Sigma, *Chemical Engineering Progress*, **11**: 65-70.
- Eleren A, 2007. Eğitim Başarısının Arttırılmasında Süreç Geliştirme Yöntemlerinin Kullanılması ve Bir Uygulama, *Afyon Kocatepe Üniversitesi, İ.İ.B.F. Dergisi*, C.IX, S II, 1-2.
- Erginel N M, 2008. Tasarım Hata Türü ve Etkileri Analizinin Etkinliği İçin Bir Model ve Uygulaması, *Makina Mühendisleri Odası, Endüstri Mühendisliği Dergisi*, **15(3)**: 17-26
- Gross J M, 2001. A Road Map to Six Sigma Quality, *Quality Progress*, 24-29.
- Gijo E V, Rao T S, 2005. Six Sigma Implementation-Hurdles and more Hurdles, *Total Quality Management*, **16**: 721-725.
- Hahn GJ, Hill R W, Zinkgraf S A, 1999. The Impact of Six Sigma Improvement—A Glimpse Into the Future of Statistics, *American Statistician*, **9**: 208-215.
- Hoerl RW, 2001. Six Sigma Black Belts:What do they need to know?, *Journal of Quality Technology*, 391-406.

- Kasa H, Boran S 1993. HTEA ve Toplam Kalite Yönetimi İçin Önemi, *YA/EM Ulusal Kongresi Bildiriler Kitabı*.
- Lieberman, P 1990. Design FMEA and The Industry, *Journal of Automotive Engineering*.
- Mc Kinney B T, 1991. FMECA The Right Way, *Proceedings Annual Reliability and Maintainability Symposium*, Orlando, USA, Public by IEEE.
- Mil-Std 1629 A, 1984. (Revised) Procedures for performing a Failure Mode Effects and Criticality Analysis, Department of Defence, USA.
- Neuscheler-Fritsch D, Norris R, 2001. Capturing Financial Benefits From Six Sigma, *Quality Progress*, 39-44 .
- Polat A, Cömert B, Arıtürk T 2004. Altı Sigma nedir? İstanbul: Spac Danışmanlık Yazı Dizisi.
- Polat A, Cömert B, Arıtürk T, 2005. Altı Sigma Nedir?, 2.Baskı, SPAC Altı Sigma Danışmanlık, Ankara, 15-125.
- Prasad, S 1990. Improving Manufacturing Reliability in IC Package Assembly Using HTEA Technique, *9th IEEE/CHMT International Electronics Manufacturing Technology Symposium*, Washington, USA, Publ by IEEE.
- Stamatis D H, 2003. Six Sigma and Beyond Volume VII-The Implementation Process 1th ed., St.Lucie Press, Florida, 95-116. Literatür Araştırması: Altı Sigma Metodolojisi 125 C.14, S.3
- Taş Y, 2010. Hata Türü ve Etkileri Analizi (FMEA) Tekniğinin Mobilya Endüstrisine Yönelik Uygulaması, İ.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 172.
- Yılmaz BS, 2000., Hata Türü Ve Etki Analizi, Dokuz Eylül Üniversitesi, *Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, **2(4)**: 134-148.
- Wyper B, Harrison A, 2000. Deployment of Six Sigma Methodology in Human Resource Function: a case study, *Total Quality Management*, **11**: 720-727.
- <http://erp.karmabilgi.net/6sigma-nedir/> (2008)
- <http://www.quality-one.com/main.cfm?cmd=fmea> (2009)
- [www.cityoffortwoyone.org/6sigma.htm](http://www.cityoffortwoyone.org/6sigma.htm) (2005)



## Doğa Verileri İle Deprem Etkileşiminin Değerlendirilmesi Üzerine Türkiye'den Örnekler

Güniz AKINCI KESİM

Düzce Üniversitesi, Orman Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Konuralp Yerleşkesi, 81620 DÜZCE

### Özet

Yıllarca yıkıcı ve onarılması güç depremlerle karşı karşıya olan ülkelerden birisi olarak fay hatlarının yoğun olduğu Türkiye'de, dünyada oluşan depremlere bağlı olarak zaman zaman etki artmaktadır. Bu nedenle kentsel gelişmelerin durumu önem kazanmakta, hasar alan yapıların genellikle kırsal alanlarda daha basit, kentlerde ve özellikle büyük kentlerde ise çok katlı beton/betonarme yapılarda olduğu görülmektedir. Ancak çok katlı da olsa zarar görmeyen yapıların olabildiği son Japonya depreminde gelecek yapılaşmaya örnek oluşturmuştur. Yoğun yapılaşmanın bulunduğu ve deprem etkisinin büyük olabileceği İstanbul gibi kentlerde açık alanların her konuda (korunaklı barınma, bulut izleme, vd.) büyük önem taşıdığı bilinmektedir. Gözlenebilen bulutların, yağış türleri yansırı deprem, volkan, vb. olayların önemli göstergesi olabildiği düşünülmektedir. Bu çalışmada, deprem göstergesi bazı doğal verilerin (özellikle bulutlar) irdelenmesiyle farkındalık oluşturulması amaçlanmış, Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Deprem Araştırma Merkezinin saatlerle ortaya konulan deprem değerleri ve dünya deprem verileri ile çekilen fotoğraflar kullanılarak bazı deprem göstergeleri değerlendirilmiştir. Deprem belirten bulutların bulunduğu günlerde dünyada çok sayıda ya da yüksek şiddette deprem olma olasılığı yükselmektedir. Özellikle güneş ve volkan patlaması, güneş ve ay tutulması dönemlerinde deprem sayısı ve şiddetinde artış olduğu gözlenmektedir. Ancak henüz tam olarak ispatlanamamıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Deprem, doğa verileri, bulut,

## Some Samples from Turkey on Evaluation of Nature's Data and Earthquake Interaction

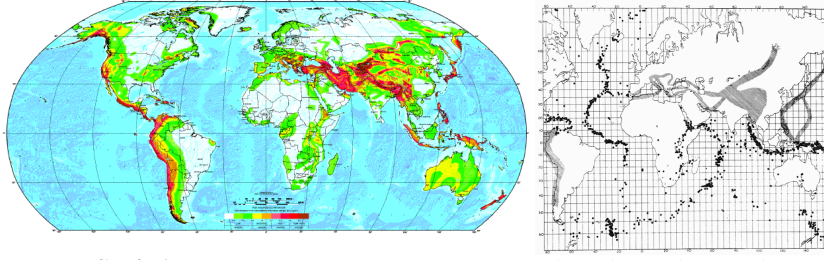
### Abstract

For years, one of the countries in the world and on a lot of fault lines face to face with destructive and unrestored earthquakes is Turkey that increasing the effects as a depending on earthquakes in the worlds from time to time. For this reason, traditional building especially on rural areas and multi-storey concrete building on urban areas are damaged by earthquakes. Buildings in Japan even if they are multi-storey haven't been suffered from last big earthquake. So, these buildings provide examples for the future. Where dense construction and impact of the earthquake can be a great open spaces in cities such as Istanbul on everything (sheltered housing, cloud tracking, et al.) is known to carry great importance. Observable in the clouds, rain types, as well as earthquakes, volcanic eruptions, and so on can be considered an important indicator of the events. In this study, some indication of a natural earthquake data (especially clouds) was explored and called attention for creation of awareness. By this purpose, Bogaziçi University Kandilli Earthquake Research Center's and International Earthquake Data with seismic values and some pictures are used. In some days if there are a lot of earthquake clouds and such as especially sun and volcano explotion and the lunar eclipse periods can be observed higher likelihood of being more number and high intensity earthquakes in the world. But not yet proven fully.

**Key Words:** Earthquake, nature's data, cloud

### 1. Giriş

Türkiye, bulunduğu konum ve altyapı özellikleri nedeniyle asırlardan beri depremlerle yüz yüze gelen, bazen yıkıcı ve onarılması güç sonuçlarla karşılaşan ülkelerden birisidir (Şekil 1).



Şekil 1. Dünya Deprem Kuşaklarında Türkiye'nin Yeri (Anonim, 2011)

Kuzey yarımkürede, 36°42' kuzey enlemleri ile 26°45' doğu boylamları arasındaki üç tarafı denizlerle çevrili bir yarımada üzerinde yer alan ve Kuzey Anadolu, Batı Anadolu, Doğu Anadolu fay hatları etkisi altındaki ülkede, her şiddette depremler sıklıkla etkili olmaktadır. Dünya'da oluşan depremlere bağlı olarak zaman zaman etkisi artan depremler sırasında kentsel gelişmelerin durumu önem kazanmaktadır.

Kırsal yerleşimlerde genellikle daha basit (kerpiç ya da tuğla, yığma beton, vb. yapılar) yapısal gelişmenin, kentsel yerleşimlerde ve özellikle büyük kentlerde ise çok katlı beton/betonarme (depreme dayanıksız inşaat) yapılar çeşitli şiddetlerde depremlerden hasar almaktadır. En son 11 Mart 2011 tarihli 8.9 şiddetli Japonya depremi ve artçılarından çok katlı da olsa zarar görmeyen yapılar gelecek yapılaşmada örnek oluşturmaktadır. Ancak mevcudun durumu üzerinde önemle düşünülmelidir. Özellikle 17 Ağustos ve 12 Kasım 1999 tarihli Marmara Depremleri (7 üzeri) sonrası etkiler iyi incelenmeli, bu konuda yoğun yapılaşmanın olduğu kentlerde (İstanbul gibi) açık alanların önemi irdelenmelidir. Bu çalışmada, mevcut depremlerle deprem göstergesi bazı veriler (sıcaklık değişimleri, bulutlar, karıncalar, köpek havlamaları, su ısınması, deniz çekilmesi, insan davranışları, vb.) irdelenmeye, doğa veri gözlemleri ile çalışan bir meslek elemanının duyarlı yaklaşımının bazı sonuçları ortaya konulmaya çalışılmıştır. Bu konuda duyarlılık, 1999 Marmara ve Düzce depremleri sonrası oluşmuştur. Deprem sonrası yaşamda açık ve yeşil alanların kullanımının öneminin vurgulandığı ve Düzce'nin örneklendiği yüksek lisans tez çalışması yürütüldükten sonra artmıştır (Orhon, 2002). Belki takıntı denilebilen hassasiyetle hergün işyerine gidip gelirken yolda ve işte ya da evde pencere ve balkondan zaman zaman izlenen birbirinden ilginç bulutlar giderek ilgiyi arttırmıştır. Ayrıca günümüzde oluşan, özellikle Japonya'yı büyük boyutta etkileyen son depremler ve ardından oluşan tsunami ve radyasyon gibi tehlikeler sonrasında, algılamaları ve paylaşımı artırmak düşüncesi ile bu makale çalışması yapılmıştır. Gözlenen verilerin doğrulanması amacıyla taranan yayınlarla da konu açıklık kazanmış, bu konunun araştırıldığı ancak bağlantının açıklanmasına ilişkin henüz kesin bir sonuç elde edilememiş olduğu belirlenmiştir.

Bazı araştırmacıların konuya ve özellikle bulutlara ilişkin görüşleri özetlenmiştir. Liperovsky, et al.(2005), depremden birkaç gün önce atmosfere gaz çıkışı olduğunu ve bunun kabul edilebilir yeni tür bir deprem indikatörü olarak görüldüğünü ileri sürmüşlerdir. Demarée and Nordli (2007), Lisbon depreminin araştırmacılara çok sayıda gözlem olanağı tanıdığını ortaya koymuşlar ve bazı görüşlerden örnekler vermişlerdir. Örneğin; 1742 yılında oluşan İtalya Livorno depremi öncesinde hava sıcakken çatılara çok yakın bulutlar olduğunun, havanın ve suların sülfür koktuğunun, denizin bazen çok yükselip bazen çok alçaldığının, vb. tüm meteorolojik belirtilerin bu depremden kaydedildiğinden söz etmişlerdir. Singh, et al. (2007), atmosfer, okyanuslar ve arazi için gün boyu birçok veri değerlendirmesi yapan uydu bulunduğunu, 26 Aralık 2004 Sumatra'da oluşan depremi ve tsunami sonrasında değişimleri gösteren çok sayıda parametre belirlendiğini belirtmişlerdir. Harrington and Shou, (1989), deprem belirtisi olan bulutları görüntüleriyle vermişlerdir. Kaynak (Tarihsiz), üç farklı deprem bulutu bulunduğunu belirtmiş, görüntülerini vermiş ancak depremin oluşu için tam bir belirti olmadığından da söz etmiştir. Freund (2007), deprem öncesi belirtilerden söz etmiştir.



Guo and Wang (2008) İnan depremi 6ncesinde anormal bulutları kaydetmişlerdir. Ohta and Omote (Tarihsiz) ise depremin psikolojik etkileri ve davranışlar 6zerinde 6alışmalar yapmışlardır. Bu 6nemli konuda araştırmaların s6rd6r6lmesi gerekmektedir. Deprem 6ncesi insanlarda gerginlik, heyecan, sinirlilik, duygusal taşkınlık, vb. ile deprem sonrası kalıcı bazı psikolojik bozukluklar, vb. olduğu bu 6alışmadaki g6zlemler arasında da yer almaktadır. King (1986)'e g6re Ondoh (2003), b6y6k depremler 6ncesi aktif faylardan radon gazı, vb. gaz 6ıktığını Kobe depreminde de g6rd6klerini belirtmiştir (Şekil 2) (Ondoh and Hayakawa, 2008).



**Şekil 2.** B6y6k depremler 6ncesi g6r6len tornado benzeri sismik bulutlar (dikey ve yatay u6ak izleri gibi) (Kobe 9 Ocak 1995 Terumi Sugie)(Ondoh, 2003).

6alışmada, T6rkiye'de oluşan depremler ve oluşma zamanlarında ortaya 6ıkan bazı g6stergeler değerlendirilmiş, bu ama6la Boğazi6i 6niversitesi Kandilli Deprem Araştırma Merkezinin g6n ve saatlerle ortaya koyduğu deprem değerleri ile yurtdışı deprem verilerinden ve ayrıca g6zlemler, 6ekilen fotoğraflar ve bu konuda yapılan literat6rden yararlanılmıştır. Depremle ilgili ve 6zellikle bulut, vb. belirtilerle ilgili olan bazı araştırmalar, internetten ve literat6rden elde edilen deprem verileri değerlendirilmiş, 6eşitli zamanlarda 6ekilen yağış bulutları dışındaki ve 6zellikle a6ık hava koşullarında g6zlenen ilgin6 bulutların fotoğrafları ve bu g6nlerde kişilerin ruhsal durumlarına ilişkin sorgulamalar yorumlanmaya 6alışılmıştır. Mevcut veriler ile g6zlemler karşılaştırılarak beklentilerin doğruluğu ortaya konulmaya 6alışılmıştır.

### 1.1. Mevcut Doğal Afetlere Son 6rnekler

D6nyada her g6n sayısız deprem olmakta, bunların bazılarının şiddeti y6ksek olduğunda zarar boyutu artmaktadır (Anonim 2011a). 2011 yılının en b6y6k depremi 8.9 ile Japonya'da olmuş (11 Mart 2011), depreme dayanıklı yapılaşmaya 6nem veren bu 6lkede, tsunami felakete yol a6mış (Şekil 3), n6kleer santralden sızıntı etkili olmuştur. Y6ksek yapılaşmanın yoğun olduğu Tokyo'da zarar olmazken, sahil kentleri sular altında kalmıştır. 6l6 ve kayıp sayısı y6ksektir.



**Şekil 3.** Tsunami (Google g6rsel, 2011a)

2011 yılının T6rkiye'deki en b6y6k depremlerinden birisi de Batı Anadolu B6lgesinin 6nemli kentlerinden K6tahya'nın Simav il6esi başta olmak 6zere şaphane, Pazarlar, Gediz, vd. il6elerinde, en y6kseği 5.9 olarak belirlenen ve 10 g6n i6erisinde 1000e yakın art6ı çok yaşatan depremdir (Anonim, 2011b). Ayrıca 4.0 6zeri olan ve hala s6regelen art6ılarla da halk tedirgin olmuştur. Az sayıda 6l6m ve yıkıntı olması tesellidir.

Bundan önceki en büyük depremler 1999 Marmara ve Düzce depremleridir. 7.4 ile çok sayıda ölü ve yıkılan bina bulunan bu depremlerde hasar büyüktür. Bunlardan önce de çeşitli tarihlerde yıkıcı depremler yaşanmıştır (Çizelge 1). Jeolojik yapısı gereği deprem özellikleri taşıyan Türkiye’de daha büyük depremlerin oluşması özellikle İstanbul gibi metropol kentlerde büyük yıkımlara yol açabilecek ve bu da ülkeye toptan zarar verebilecektir. Tek yerde olması zararın boyutunu kısıtlamamakta ülke bütününde sosyal, kültürel, ekonomik ve psikolojik, vb. sorunlara neden olabilmektedir. Önceki yıllarda büyük depremler olduğu kaydedilmiş olması önemlidir. İstanbul adalar açıklarında 10 Eylül 1509 da olan deprem sonunda 1000 evin yıkıldığı ve 4-5 bin kişinin öldüğü, daha sonraları 22 Mayıs 1766 da olan büyük depreminse İzmit’ten Gelibolu’ya kadar uzanan Marmara fay hattını kırdığı, depremde tsunami dalgaları oluştuğu, Topkapı Sarayı, camiler ve anıtların büyük zarar gördüğü ve bu depremi izleyen birçok artçı deprem olduğunun rapor edildiği belirtilmektedir (Rayman, 2007). 1999 yılı sonrasında ölü sayısının azaldığı ve belli aralıklarla 7.0 üzerinde depremlerin tekrarladığı görülmektedir.

**Çizelge 1.**Türkiye’de Yıllara Göre Etkili Bazı Büyük Depremler (4.7-7.9) (Anonim, 2011c; DOHAD, 2011)

| Yer                           | Tarih               | Büyüklik   | Ölü          | Yaralı        |
|-------------------------------|---------------------|------------|--------------|---------------|
| Çankırı                       | 09.03.1902          | 5.6        | 4            | -             |
| Malazgirt                     | 24.04.1903          | 6.7        | 2626         | -             |
| Mürefte                       | 09.08.1912          | 7.3        | 216          | 466           |
| Afyon-Bolvadin                | 04.10.1914          | 5.1        |              | -             |
| Çaykara ve Pasinler           | 13.05 ve 13.09.1924 | 5.3 ve 6.9 | 50 ve 310    | -             |
| Afyon-Dinar                   | 07.08.1925          | 5.9        |              | -             |
| Milas ve Finike               | 08.02 ve 13.08.1926 | 4.7 ve 6.9 |              | -             |
| Kars                          | 22.10.1926          | 5.7        | 355          | -             |
| İzmir-Torbalı                 | 31.03.1928          | 7.0        | 50           | -             |
| Sivas-Suşehri                 | 18.05.1929          | 6.1        | 64           | -             |
| Hakkari sınırı                | 06.05.1930          | 7.2        | 2514         | -             |
| Denizli-Çivril                | 19.07.1933          | 5.7        | 20           | -             |
| Bingöl                        | 15.12.1934          | 4.9        | 12           | -             |
| Erdek ve İgor                 | 04.01 ve 01.05.1935 | 6.7 ve 6.2 | 5 ve 200     |               |
| Kırşehir                      | 19.08.1938          | 6.6        | 149          | -             |
| Erzincan                      | 26.12.1939          | 7.9        | 32962        | -             |
| Niksar-Erbaa                  | 20.12.1942          | 7.0        | 3000         | -             |
| Tosya-Ladik                   | 26.11.1943          | 7.2        | 2824         | -             |
| Bolu-Gerede                   | 01.02.1944          | 7.2        | 3959         | -             |
| Varto-Hınıs                   | 31.05.1946          | 5.7        | 839          | 349           |
| Kurşunlu                      | 13.08.1951          | 6.5        | 53           | 678           |
| Söke                          |                     | 6.9        | 23           |               |
| Varto                         | 19.08.1966          | 6.9        | 2394         | 1489          |
| Gediz                         | 28.03.1970          | 7.2        | 1086         | 1260          |
| Bingöl                        | 22.05.1971          | 6.7        | 878          | 700           |
| Lice                          | 06.09.1975          | 6.9        | 2385         | 3339          |
| Çaldıran-Muradiye             | 24.11.1976          | 7.2        | 3840         | 497           |
| Erzurum-Kars                  | 30.10.1983          |            | 1155         | 1142          |
| Erzincan                      | 13.03.1992          | 6.8        | 653          | 3850          |
| Kocaeli ve Bolu-Düzce         | 17.08 ve 12.11.1999 | 7.4 ve 7.2 | 17127 ve 845 | 43953 ve 4948 |
| Bolu-Yığılca ve Denizli Honaz | 14.02 ve 21.04.2000 | 5.1        | -            | -             |

**Çizelge 1 Devamı.** Türkiye’de Yıllara Göre Etkili Bazı Büyük Depremler (4.7-7.9) (Anonim, 2011c; DOHAD, 2011)

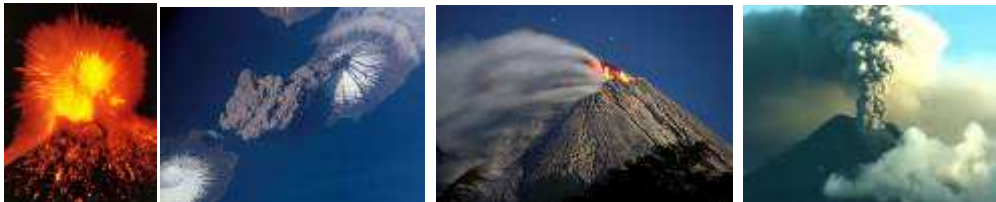
| Yer                                    | Tarih                  | Büyüklik       | Ölü      | Yaralı    |
|----------------------------------------|------------------------|----------------|----------|-----------|
| Çankırı-Orta ve Sakarya-Hendek         | 06.06 ve 23.08.2000    | 6.1 ve 5.8     | 2 ve -   | 1766 ve 9 |
| Afyon-Sultandağı ve Tunceli-Pülümür    | 15.12 ve 27.01.2003    |                | 6 ve 1   | 547 ve 7  |
| İzmir-Urla ve Bingöl                   | 10.04 ve 01.05.2003    | 5.6 ve 6.4     | - ve 176 | - ve 520  |
| Erzurum-Çat ve Ağrı-Doğubeyazıt        | 25.03. ve 02.07.2004   | 5.1 ve 5.1     | 9 ve 18  | 20 ve 32  |
| Muğla-Gökova Körfezi ve Elazığ-Sivrice | 3-4.08 ve 11.8.2004    | 5.0-5.4 ve 5.5 | -        |           |
| Hakkari ve Bingöl-Karlıova             | 25.01 ve 12-14.03.2005 | 5.5 ve 5.7-5.9 | 2 ve - - |           |
| Kütahya ve Elazığ                      | 19.05 ve 23.06.2011    | 5.7 ve 5.4     | - ve -   | - ve -    |

Son yıllarda iklimsel değişimlerle zarar boyutları artmış, bazıları ise azalmıştır. Örneğin; Haziran 2011 de Manisa’da oluşan hortum çok sayıda zeytin ağacında zarara, Bilecik’te sel ev ya da köprü yıkımı gibi büyük kayıplara, Düzce’de yıldırım bina ve ağaçlarda yakıcı etkiye, Sakarya’da mevsim üstü sıcak 25 bin tavuk telefine, vb. yol açmıştır. Şiddetli yağmurlar artarken sıcaklık mevsim dışı göstergelerde seyretmektedir. Örneğin, yıllarca etkili don olaylarının görüldüğü ve en sonuncusunun 1954 yılında İstanbul Boğazının üzerinde yürünecek kadar donmasıyken, artık bu derece soğuk etkileri özellikle Marmara’da görülmemektedir (Şekil 4). Ancak zamansız (Nisan ya da Mayıs’ta) kar yağışı olmakta, mevsim kaymaları yaşanmaktadır. Ankara’da Haziran’da yağan iri dolu buz etkisi göstermiş kazınarak kaldırılabilmiş ve beklenmeyen kent içi (alt geçit) su birikintisine, ilk kez araçlar içerisinde insanların mahsur kalmasına yol açmıştır. Dünya’da son yıllarda yeraltı güçlerinden kaynaklanan etkilerin arttığı göstergeleri olarak düşünülmektedir.

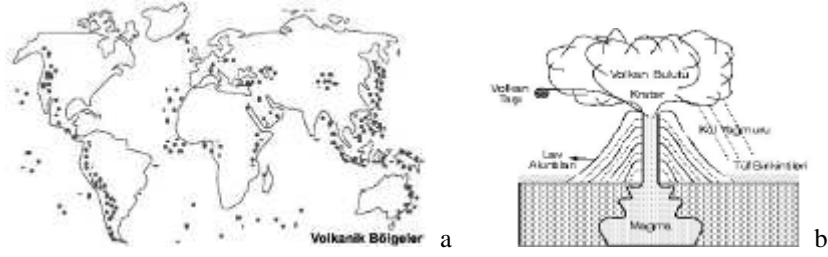


**Şekil 4.** İstanbul Boğazı ve Buzlanma (1954) (Anonim, 2011d )

Dünya’nın çeşitli bölgelerinde uzun yıllardır uykuda olan yanardağlar faaliyete geçmiş artık kısa aralıklarla patlamaktadır (Şekil 5; Şekil 6a,b). Örneğin; en son İzlanda (Mayıs 2011), Şili ve Eritre (Haziran 2011)’de yanardağların öncekilerden (İzlanda-Ağustos 2010, Endonezya Sumatra Adası- Ekim 2010, vb.) sonra ard arda patlaması.



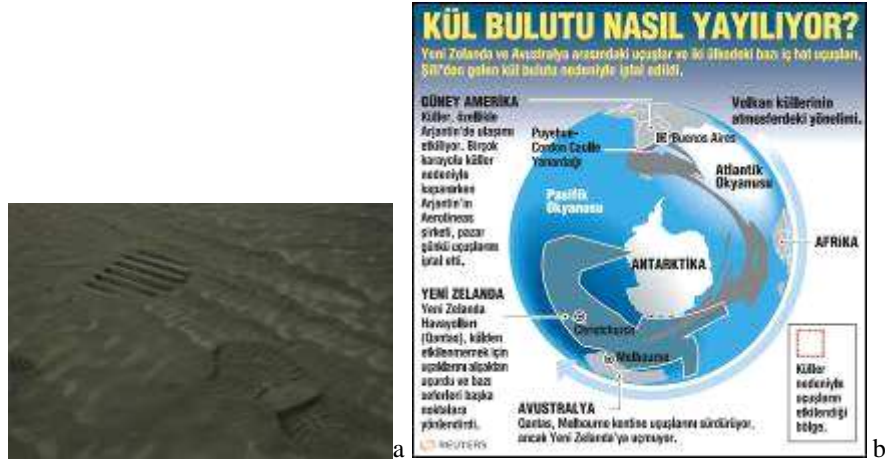
**Şekil 5.** Yanardağ Patlaması (Google görsel, 2011b)



Şekil 6a,b. Dünya Volkan Bölgeleri ve Volkan Çıktıları (Anonim, 2011e)

İklim değişikliği üzerinde etkisinin sadece lokal olmadığı da görülmektedir. Kül bulutları ile atmosferde oluşan etkiler (güneşsiz, oksijensiz hava koşulları, vb.) her yerde hissedilmektedir (Şekil 7a,b). Uçak seferleri yapılamamaktadır. Örneğin; İnternet haberlerine (2011) göre İzlanda yanardağı patlaması sonrası İngiliz havayolları İskoçya'ya, Hollanda havayolları İngiltere'ye olan tüm uçuşlarını iptal ettiğini duyurmuş, Eritre yanardağı patlaması sonrasında 14.06.2011 tarihinde ise TK 680/681 İstanbul-Hartum-İstanbul, TK 676/677 İstanbul-Addisababa-İstanbul, TK 601/602 İstanbul-Entebbe-İstanbul, TK 603/604 İstanbul-Nairobi-Darüsselam-Nairobi-İstanbul uçak seferlerinin iptal edildiği belirtilmiştir.

Pompei gibi bir kenti yok edebilen etkisi göz ardı edilememektedir. Ülkemizde de uyur halde örnekleri (Ağrı, Erciyes, Kaçkar, Süphan, vd.) bulunmaktadır (Anonim, 2011f). Dünya üzerindeki son yıllarda faaliyetleri artan yanardağlardaki patlamaların etkilememesi düşünülmektedir.



Şekil 7a,b. İzlanda Yanardağı Külleri ve Şili Yanardağı Kül Bulutlarının Dağılışı (Anonim, 2011f; Anonim, 2011g)

Ayrıca güneş patlamalarının en büyük sonucununun 1859 yılında telgraf haberleşmesini etkilediği bilinmekte, bu yıl yine büyük olarak tekrarlamaktadır. Bir kuyruklu yıldız da güneşe çarpmıştır. Bunların da haberleşme yanısıra sağlık sorunlarında etkili olduğu çeşitli çalışmalarla belirtilmektedir. Deprem gibi etkili bir güneş patlaması da 2013 te beklenmektedir. 1972 yılında oluşan bir jeomanyetik fırtınaya ve ABD'nin Illinois eyaletinde telefon iletişiminin kesilmesine yol açtığı, 1989 yılında da başka bir fırtınanın ise, Kanada'nın Quebec eyaletinde 6 milyon kişinin elektriksiz kalarak karanlığa gömülmesiyle sonuçlandığı da kayıtlanmıştır (Anonim, 2011h). "Patlama Güneş'in o an Dünya'ya bakan yüzünde olsaydı, Dünya'da manyetik ve elektronik tüm sistemler etkilenebilirdi" denilmektedir (Anonim, 2011i). Günümüzde bilişim teknolojilerinin her alanda kullanılıyor olması ile gelecekte nelerle karşılaşılacağına bir belirtisi algılanabilmektedir. Şekil 8b de güneş patlamasına örnek görülmektedir.



**Şekil 8a,b,c.** Güneş Tutulması, Güneş Patlaması, Ay Tutulması (Google görsel, 2011c; Anonim, 2011ı; Google görsel, 2011d)

Genellikle güneş ve ay tutulmaları ardından da çeşitli yerlerde şiddeti artan depremler olmaktadır (17.08.1999 Marmara Depremi, vb.) (Şekil 8a,c). İlişki bulunmadığı belirtilmektedir (Tatar ve ark. 2006). Ancak 15.06.2011 tarihinde ay tutulması gözle açık olarak izlenmiş ardından dünya’da (Yeni Zelanda, Yeni Gine, vd.) 5-6 üzeri depremler kaydedilmiştir. Yine bir gezegenin dünyaya yaklaştığı belirtilmektedir. Bu tür olaylarda son yıllarda artış olmuştur. 2012 kehaneti dile getirilmektedir.

## 2. Belirlenen Bazı Göstergeler

Dünya’da her gün çeşitli şiddette depremin varlığı bilinmektedir. Ancak bazı etmenlerle şiddeti arasında bir bağ da kurulabilmektedir (Google görsel, 2011e). Depremlerin oluşumunu etkileyen bazı etmenler arasında yanardağlar yani endojen güç denilen büyük volkan patlamaları ilk sıralarda sayılabilmektedir. Yeraltından gaz çıkışına ve patlama ile tabaka kaymalarına yol açan yanardağlar dünyanın her yerini etkileyebilmektedir. Son yıllarda çok yerde bu patlamalar gerçekleşmiştir.

Depremler öncesi huzursuzlanan insan ve hayvanlar canlı davranışlarını ortaya koyabilmektedir. Örneğin, yeraltı hareketliliği hassas karıncaların toprak üzerine çıkması ve toplanmasına, köpekler gibi duyarlı hayvanların havlamaları gibi bazılarının davranışlarında huzursuzluk belirtilerine neden olabilmektedir.

Ayrıca çok kez sulardaki ısınmadan da söz edilmektedir. 12 Kasım 1999 Düzce depremi bir gün öncesi Valilik toplantısında Efteni kaplıcası suyundaki sıcaklık artışı dile getirilmiş ve o akşam olan 5 civarındaki sarsıntının öncü olduğu düşünülememiştir. Deniz suyu çekilmeleri de görülmektedir. Son olay Kütahya depremi öncesi Marmara Çekmece sahilinde izlenmiştir.

Bu doğal değişimler yanısıra Kandilli verileri düzenli izlendiğinde, yeni bir dalganın hangi yönlü olacağı kanısı oluşmaktadır (Anonim, 2011b).

Gökyüzü hareketlerinin de belirtmede etken olduğu düşünülmektedir. Özellikle açık havada çoğalan bulutlar ve şekillerindeki farklılıklar izlendiğinde yükselen etki algılanabilmektedir (Şekil 9a-h). Aynı gün ya da ertesinde yerel ya da dünyadan şiddeti yükselmiş deprem kaydı görülmektedir (Anonim, 2011a; Anonim, 2011b. )

Volkan ya da yanardağ faaliyetleri; 50-100 yıl hatta daha uzun zaman sonrası patlayan yanardağlar yer hareketlerinde etkili olmaktadır. Örneğin; Özgün bulut örneği (Düzce Üniversitesi Konuralp Yerleşkesi 3.6.2011) (Şekil 10). Üç gün sonrası Şili’de yanardağ patlaması ve iki gün öncesi Şili depremi (6.3 şiddeti). Eritre’de yanardağ patlaması (14.06.2011) sonrasında da bulutların sanatsal görünümleri etkilemektedir.



Mayıs-Haz. 2011 Düzce

22.05.2011 İstanbul 16.06.2011



20.06.2011 Düzce

22.05.2011 İzmit

**Şekil 9a-h.** Deprem ya da volkan patlaması göstergesi olduğu düşünülen özgün bulutlar (Kesim, 2011)



**Şekil 10.** Deprem göstergesi bulutlar (Düzce Üniversitesi Konuralp Yerleşkesi 3.6.2011) (Kesim, 2011)

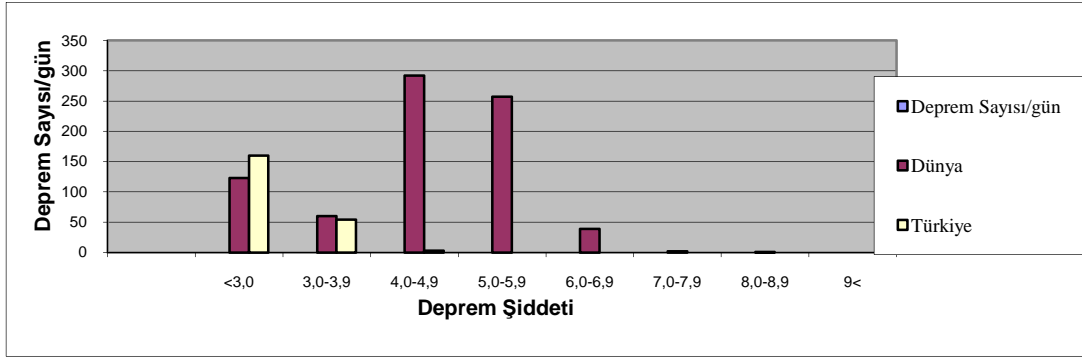
Daha önceki İzlanda yanardağı patlaması sonrası Japonya 8.9 (11.03.2011) ve 6 üzeri artçıları ile çevresinde süregelen depremler ve ardından Türkiye’de Kütahya Simav (5.9 - 19.5.2011) ve çevresinde uzun süren çok sayıda artçılar önemli belirtilerdendir. Dünya’da bugüne kadar kaydedilen en büyük deprem, Şili’de, 9.5 şiddetinde, 22 Mayıs 1960 tarihinde olmuştur.

Ayrıca Atlantik ve Pasifik okyanuslarındaki pek çok adada sarsıntılar (çoğunluğu 4-6) süre gelmektedir. Şekil 6a daki volkan bölgelerinin etkilerini açıklamaktadır. Yerel depremlerin oluşması öncesi beklenmeyen uykulu davranışlar da dikkat çeken gözlemler arasında sayılabilmektedir.

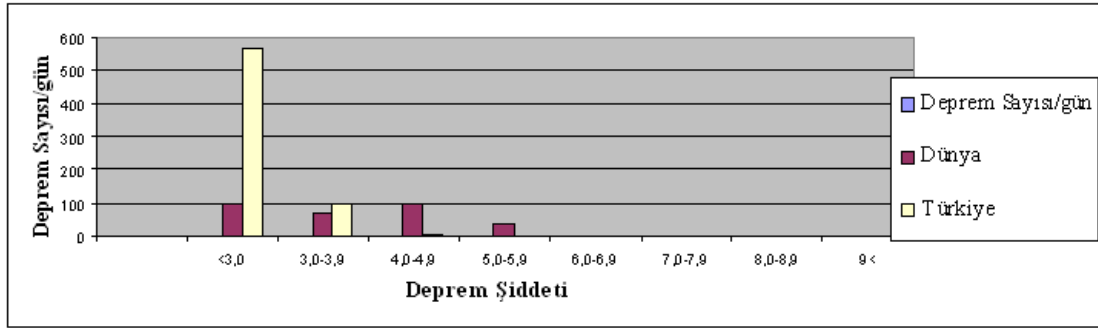
Anadolu yarımadasını diğer kara parçalarının (Sina yarımadasının kuzeye hareketi gibi) alttan itme gücü de bilinenlerdendir (Anonim, 2011k). Kıtaların daha önce birleşik durumları anımsandığında değişimde geri dönüşün başladığı düşünülebilmektedir.

Dünya’da ve Türkiye’de oluşan depremler arasındaki ilişki (Mart ve Haziran 2011) Şekil 11 ve Şekil 12 de örneklenmiştir (Anonim, 2011a; Anonim 2011b den). Dünya depremlerinin şiddetleri daha yüksek olmakta ve genellikle okyanuslarda ve adalarında yoğunlaşmaktadır. Türkiye’de ise depremlerin yeraltı su kaynaklarının ve sıcak su kaynaklarının fazla olduğu yerlerde daha sıklıkla olduğu ve Şekil 13 te Türkiye’nin yeraltı su

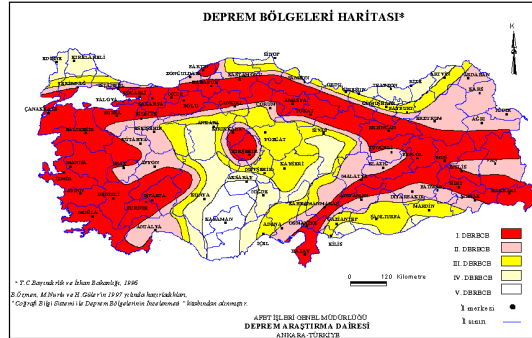
kaynakları yönünden zengin olan bölgelerinin genellikle I. ve II. derece deprem bölgesi olarak gösterildiği görülmektedir.



Şekil 11. Dünya’da ve Türkiye’de 5-15 Mart 2011 tarihleri arasında (9.3.2011 Japonya 8.9) oluşan depremler



Şekil 12. Dünya’da ve Türkiye’de 19-29 Mayıs 2011 tarihleri arasında (19.5.2011 Kütahya 5.9) oluşan depremler



Şekil 13. Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası (AİGM, 2011)

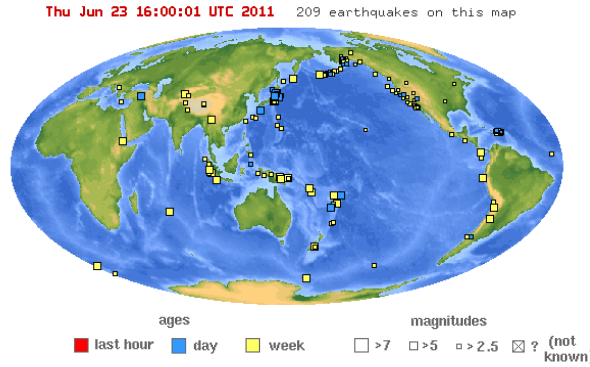
Dünya’da oluşan bir volkan patlaması sonrasında yüksek şiddette depremler olmakta, bunun da aynı kuşaktaki ülkemizin çeşitli bölgelerindeki günlük deprem sayısında ya da şiddetinde artışlar oluşturduğu görülmektedir (Şekil 1). Yeraltı hareketliliğinin yüksek olması nedeniyle özellikle yerleşimlerde yer seçiminin yapılmasında en büyük etken olduğunun ve yapılaşmada önemle üzerinde durulması gerektiğinin göz ardı edilemeyeceği bilinmektedir.

### 3. Sonuç ve Öneriler

Yıllar öncesinin kahinleri yüzyıllarca gökyüzüne bakıp bazı olaylar için yol gösterdikleri gibi günümüzde de gökyüzündeki bulutların bazı belirtiler yansıttığı varsayılmaktadır. Yapılan bazı çalışmalarla kanıtlanmaya çalışılmaktadır. Ancak içsel kuvvetten oluşan bu tür bir oluşum için kesin sonuç verebilmek doğru olmadığı gibi bazı

uyarılarını ortaya koymamak da o derece yanlıştır. Bu nedenle, burada zaman zaman ilginç görünümler oluşturan bulutlardan bazı görünümler verilmeye ve zamanları içerisindeki deprem verileri değerlendirilmeye çalışılmıştır. Görüldüğü gibi, deprem bazı günler yurtiçi ve yurtdışında sayıca ve şiddetçe artmaktadır. Yurtiçindeki artış ile yurtdışındaki artış birbirine gösterge olabilmektedir. Özellikle aynı fay hattı üzerindeki bağlantılarda oluşumların tesadüf olmadığı gerçeği gözlemlenmektedir.

Dünya’da her gün çok sayıda deprem olmaktadır (Şekil 14). İncelendiğinde bunların belli bir dizin izlediği görülmektedir. Örneğin; Türkiye’de 23 Haziran 2011 de Elazığ’da (5.4) bu yılın Kütahya’dan sonra ikinci büyük depremi olurken, Japonya’nın büyük depremi (8.9) sonrası tekrarlayan yüksek şiddette son artçısı (6.7) ardından oluştuğu Şekil 15a-c de, Elazığ İçme depremi (geçen yıl 6.0) bir gün öncesi (22.06.2011) Düzce Yenikent’te (1999 deprem kalıcı konut yerleşimi) açık ve parlak görünümlü gökyüzündeki belli bulut kümelerinin görünümü Şekil 16a-c de görülmektedir. Aynı günlerde Yunanistan’da 3.4 ve 3.6, Bolu Mudurnu ve Sakarya Ferizli’de 2.8 kaydedilmiştir. 26-27 Haziran 2011 de küçük kırmızı buluta eşlik eden esrarengiz bulutlar ve köpek havlamaları Kütahya Simav’da 4.9 la başlayan ardarda 20 üzeri depremi getirdi. Endonezya depreminin ardından Elazığ’da da devam etmektedir. 25 Temmuz 2011 tarihinde Marmara Denizinde oluşan 5.2 şiddetli deprem öncesinde de deniz üzerinde benzer bulutlar gözlenmiştir.



Şekil 14. Dünya’da bir gün içinde (23.06.2011) oluşan depremlere örnek (Anonim, 2011n)



Şekil 15a-c. Düzce Yenikent’te 22 Haziran 2011 de görüntülenen bulutlar (Kesim, 2011)



Şekil 16a-c. İstanbul’da 26 Haziran 2011 de görüntülenen ürkütücü ve estetik bulutlanma örnekleri (Kesim, 2011)



Görüldüğü gibi, bazı göstergeler zaman zaman felaketlerin gelişini haber verebilmekte, özellikle yanlış yerleşimlerde dikkat edilmesine vurgu yapabilmektedir. Doğal özellikleri ile bu tür doğa olaylarından etkilenecek yerleşimlerde, zemin özellikleri iyi incelenmeden yapılaşmaya gidilmemeli, açık alanlara önem verilmeli, hava hareketleri ve deprem rasatları incelenerek acil haberleşme ve yardım sistemleri devrede bulundurulmalı, yerel yönetimlerin duyarlı davranması sağlanmalıdır. Bu konularda araştırmalar sürdürülmelidir. Mevcutlardan ve gözlemlerden elde edilenlerin tesadüf olmadığı da zaman zaman ispatlanmaktadır.

DOHAD (2011)'in sitesinde, "sitemize iletilen sıra dışı doğa olayları baz alınarak gerekli görülen durumlarda risk analizleri yapılmaktadır. Bu raporlarınızın akabinde meydana gelen depremler, sadece sıra dışı doğa olaylarının takibinin bile büyük bir depremin yaklaştığı bilgisini vermektedir." denilmektedir.

Sezer (tarihsiz)'in "1894 İstanbul Depremi Hakkında Bir Rapor Üzerine İnceleme" başlıklı, 1310 yılında yazılmış bir raporun değerlendirildiği çalışmasındaki İstanbul gerçekleri de konunun önemini vurgulamaktadır.

Giriş bölümünde verilen bazı kaynaklar ve diğerleri, görüşlerin çoğunu desteklemektedir. Sanatsal görünümlü bulutların bir şeyler ifade ettiği açıktır. Dünya'da sürekli oluşan depremlerin aynı kuşaklar üzerinde tetikleyici etkisi gözlenmekte, bulutlanmaların izlenmesi ise herhangi bir yerdeki şiddet artışı beklentisini doğrulamaktadır.

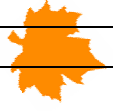
Sonuç olarak, duyarlılıkla doğa izlendiğinde, belirtileri görmek mümkün olabilmektedir. Ancak süregelen yaşam içerisinde yaşam kalitesini etkilemesi engellenmeli, yaşam alanı güvenliği ön planda tutulmalıdır. Yoğun yapılaşma alanlarında açık alanlara her zamankinden fazla önem verilmeli ve gelecek planlamalarında peyzaj mimarları ile çalışmalar göz ardı edilmemelidir.

## Kaynaklar

- AİGM. 2011. Türkiye Deprem Haritası. Afet İşleri Genel Müdürlüğü Deprem Araştırma Dairesi. <http://www.google.com.tr/imgres?imgurl=http://www.deprem.gov.tr/sarbis/depbolge/depharita1.gif&imgrefurl> (Erişim Tarihi: 2011)
- Anonim, 2011. Dünya Deprem Kuşakları. <http://www.google.com.trimgresq=earthquake+zones> (Erişim Tarihi: 2011)
- Anonim, 2011a. Dünya Depremleri. [http://earthquake.usgs.gov/earthquakes/recenteqsww/Quakes/quakes\\_all.php](http://earthquake.usgs.gov/earthquakes/recenteqsww/Quakes/quakes_all.php) (Erişim Tarihi: 2011)
- Anonim, 2011b. Türkiye Depremleri. <http://www.koeri.boun.edu.tr/scripts/lst2.asp>. (Erişim Tarihi:2011)
- Anonim, 2011c. Türkiye Büyük Depremleri (1902-1938). [http://www.google.com.trimgresimgurl=httpimg108.imageshack.usimg1086792koronoloji11o5.png&imgrefurl=httpwww.cagatayyolda.netforumshowthread.php%3Ft%3D19808&h=316&w=399&sz=8&tbnid=S1F\\_1N-UHwX1FM&tbnh=98&tbnw=124&prev=s](http://www.google.com.trimgresimgurl=httpimg108.imageshack.usimg1086792koronoloji11o5.png&imgrefurl=httpwww.cagatayyolda.netforumshowthread.php%3Ft%3D19808&h=316&w=399&sz=8&tbnid=S1F_1N-UHwX1FM&tbnh=98&tbnw=124&prev=s) (Erişim Tarihi: 2011).
- Anonim, 2011d. İstanbul Boğazı ve Buz. <http://www.turkiye-rehberi.net/%C4%B0stanbul-Bo%C4%9Faz%C4%B1%27n%C4%B1n-Dondu%C4%9Fu-G%C3%BCn> (Erişim Tarihi: 2011).
- Anonim, 2011e. Dünya volkan bölgeleri. [http://www.google.com.trimgresimgurl=httpimg254.imageshack.usimg2542593volkanikblgelerta0.jpg&imgrefurl=httpcografyadersi5.blogcu.cometiketvolkanlar&usg=\\_\\_bdf14WxnoEdQJ4xDHbUPK9Stceck=&h=229&w=391&sz=27&hl=tr&start=168](http://www.google.com.trimgresimgurl=httpimg254.imageshack.usimg2542593volkanikblgelerta0.jpg&imgrefurl=httpcografyadersi5.blogcu.cometiketvolkanlar&usg=__bdf14WxnoEdQJ4xDHbUPK9Stceck=&h=229&w=391&sz=27&hl=tr&start=168) (Erişim Tarihi: 2011)

- Anonim, 2011f. İzlanda yanardağı külleri. <http://www.cnnturk.com/2011/dunya/05/24/izlandadan.kul.bulutlari.yayiliyor/617731.0/index.html> (Erişim Tarihi: 2011).
- Anonim, 2011g. Şili yanardağı kül bulutları dağılışı. [http://www.google.com.tr/imgresimgurl=http://www.haberturk.com/2011/06/14/639601\\_efc2f71e3093a8792fba7b4fc3f20b98.jpg&imgrefurl=http://www.haberturk.com/dunyahaber639601-yanardag-silide-patladi&usq=\\_\\_On7uivpbuzCQi5MVRXCGLCy5dhI=&h](http://www.google.com.tr/imgresimgurl=http://www.haberturk.com/2011/06/14/639601_efc2f71e3093a8792fba7b4fc3f20b98.jpg&imgrefurl=http://www.haberturk.com/dunyahaber639601-yanardag-silide-patladi&usq=__On7uivpbuzCQi5MVRXCGLCy5dhI=&h) (Erişim Tarihi: 2011).
- Anonim, 2011h. Türkiye'nin Yanardağları. <http://www.msxlab.org/forum/turkiye-cografyasi/272207-turkiyedeki-yanardaglar.html> (Erişim Tarihi: 2011).
- Anonim, 2011i. Güneş Patlamaları. <http://www.t24.com.tr/haberdetay/128330.aspx>. (Erişim Tarihi: 2011)
- Anonim, 2011j. Güneş Patlaması. <http://www.turkiyerehberi.net/G%C3%BCne%C5%9F%27te-K%C4%B1yemet-Kopuyor> (Erişim Tarihi: 2011)
- Anonim, 2011k. Kıta Hareketleri. <http://translate.google.com.tr/translate?hl=tr&langpair=en|tr&u=http://www.drjpdawson.com/pelgnet/pelchap6/Chap6.html> (Erişim Tarihi: 2011).
- Anonim, 2011l. Dünya'dan bir günlük deprem yerleri. <http://earthquake.usgs.gov/earthquakes/recenteqsww/> (Erişim Tarihi: 2011).
- Demarée, G. R., Nordli, Ø. 2007. The Lisbon Earthquake of 1755 Vs. Volcano Eruptions And Dry Fogs – Are Its “Meteoric” Descriptions Related To The Katla Eruption of Mid October 1755?. *Terramoto de 1755\_1.pmd*. 117-130. Madrid, España.
- DOHAD, 2011. Amatör Sismometre ve Sayısal Ölçüm Ağı. [www.sismikaktivite.org](http://www.sismikaktivite.org). (Erişim Tarihi: 2011).
- Freund, F.T. 2007. Pre-earthquake signals- PartII: Flow of battery currents in the crust. *Natural Hazards Earth System Sciences*. 7, 1-6.
- Google görsel, 2011a. Tsunami. <http://www.google.com.tr/search?q=tsunami&hl=tr&client=firefox-a&hs=Djs&rls=org.mozilla:tr:official&prmd=ivns&tbm=isch&tbo=u&source=univ&sa=X&ei=OvPzTdi8E4nVsgaK15DOBg&ved=0CCQQsAQ&biw=1024&bih=605> (Erişim Tarihi: 2011).
- Google görsel, 2011b. Yanardağ. [http://www.google.com.tr/search?q=yanarda%C4%9F&hl=tr&client=firefox-a&hs=q9C&rls=org.mozilla:tr:official&prmd=ivns&tbm=isch&tbo=u&source=univ&sa=X&ei=p\\_zTcTWKc\\_3sgb0raivBg&ved=0CC4QsAQ&biw=1024&bih=605](http://www.google.com.tr/search?q=yanarda%C4%9F&hl=tr&client=firefox-a&hs=q9C&rls=org.mozilla:tr:official&prmd=ivns&tbm=isch&tbo=u&source=univ&sa=X&ei=p_zTcTWKc_3sgb0raivBg&ved=0CC4QsAQ&biw=1024&bih=605) (Erişim Tarihi: 2011).
- Google görsel, 2011c. Güneş tutulması. <http://www.dipcik.com/gunes-tutulmasi-kac-dakika-surer/> (Erişim Tarihi: 2011).
- Google görsel, 2011d. Ay tutulması. <http://www.erganisoz.com/detay.asp?id=6082> (Erişim Tarihi: 05.07.2011)
- Google görsel, 2011e. Tarihte En Büyük Depremler. [http://www.sabah.com.tr/Gundem/2010/03/01/tarihteki\\_en\\_buyuk\\_depremler](http://www.sabah.com.tr/Gundem/2010/03/01/tarihteki_en_buyuk_depremler) (Erişim Tarihi: 11.06.2011).
- Guo, G., Wang, B. 2008. Cloud anomaly before Iran earthquake. *International Journal of Remote Sensing*. Vol.29, No:7. 1921-1928.
- Harrington, D., Shou, Z. 1989. Bam Earthquake Prediction & Space Technology *Earthquake Prediction Center, New York\*, USA. Book 39-63* [http://www.unoosa.org/pdf/publications/st\\_space\\_26E.pdf#page=43](http://www.unoosa.org/pdf/publications/st_space_26E.pdf#page=43) (Erişim Tarihi: 2011)
- Kaynak, U., (Tarihsiz). Üç Deprem Bulutu. <http://www.sismikaktivite.org/makaleler/documents/3%20DEPREM%20BULUTU-ISIKLI.pdf> (Erişim tarihi: 2011)

- Liperovsky, V. A., Meister, C.-V., Doda, L.N., Liperovskay, E.V., Davidov, V.F. and Bogdanov, V.V. 2005. On the possible influence of radon and aerosol injection on the atmosphere and ionosphere before earthquakes. *Natural Hazard And Earth System Sciences*. Manuscript-No. 1-2005. 1-7. Germany.
- Ohta, Y., Omote, S. (Tarihsiz). An Investigation into Human Psychology and Behavior during an Earthquake. 702-708. [http://www.iitk.ac.in/nicee/wcee/article/6\\_vol1\\_702.pdf](http://www.iitk.ac.in/nicee/wcee/article/6_vol1_702.pdf) (Erişim Tarihi: 2011).
- Ondoh, T. 2003. Anomalous sporadic-E layers observed before M1., Hyogo-ken Nanbu earthquake; Terrestrial gas emanation model. *Adv. Polar Upper Atmos. Res.*, 17, 96-108. *National Institute of Polar Research*.
- Orhon, E. 2002. Açık ve Yeşil Alanların Doğal Afetler (Deprem) Durumunda Kullanımının Düzce Örneğinde İrdelenmesi. *A.İ.B.Ü.Fen Bilimleri Enstitüsü, Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı Basılmamış Yüksek Lisans Tezi*. Düzce.
- Rayman. Ö. 2007. Tarihi İstanbul depremleri. <http://ozler-rayman.blogspot.com/2007/09/tarihi-istanbul-depremleri-1509-byk.html> (Erişim Tarihi:2011).
- Sezer, H. Tarihsiz. 1894 İstanbul Depremi Hakkında Bir Rapor Üzerine İnceleme. <http://dergiler.ankara.edu.tr/dergiler/18/25/148.pdf> (Erişim Tarihi:1.7.2011).
- Singh, R. P., Cervone, G., Kafatos, M., Prasad, A.K. Sahoo, A.K., Sun, D. Tang, D. L., Yang, R. 2007. Multi-sensor studies of the Sumatra earthquake and tsunami of 26 December 2004. *International Journal of Remote Sensing*. Volume 28, Issue 13 & 14, 2885-2896.
- Tatar, O., Mesci, B.L., Akpınar, Z. 2006. 29 Mart 2006 güneş tutulması, depremler, bilimsel ahlak ve bilgi toplumuna özlem. *Aktif Tektonik Araştırma Grubu 10.Toplantı (ATAG 10)(2-4 Kasım 2006 İzmir)*. DEÜ.Jeoloji Müh.Böl. 86-87. <http://web.deu.edu.tr/atag10/pdf/55-atag10-tatar.pdf>. (Erişim Tarihi: 2011). **ATAG10 -**



## Kapsam ve Yazım Kuralları

Ormancılık Dergisi'nde, orman, orman endüstri, peyzaj ve ilgili alanlardaki özgün araştırmalar ve nitelikli derlemeler yayınlanır. Dergide yayınlanacak eserler Türkçe, İngilizce olarak yazılabilir. Dergiye gelen eserin basımı öncesinde hakem görüşü alınır. Gönderilen makalenin dergide yayınlanmasına hakem raporları doğrultusunda editörler kurulu karar verir. Yayınlanması uygun bulunmayan eser yazarına/yazarlarına geri gönderilmez. Dergide yayınlanacak eserin daha önce hiçbir yayın organında yayınlanmamış veya yayın hakkının verilmemiş olması gerekir Buna ilişkin yazılı belge, makale ile gönderilmelidir. Türkçe kullanmaya özen göstermeli gereksiz yabancı veya eski dil kullanımından kaçınılmalıdır.

Eser metni Microsoft Word programında, Times New Roman yazı karakterinde 12 punto ile paragrafların ilk satır girintisi 1 cm olacak şekilde yazılarak, [dofdergi@duzce.edu.tr](mailto:dofdergi@duzce.edu.tr) adresine gönderilmelidir. Eser; Özet, Abstract, Giriş, Materyal ve Yöntem, Bulgular, Tartışma, Sonuç, Teşekkür (gerekirse) ve Kaynaklar şeklinde düzenlenmelidir. Eser, A4 formatında, soldan 3 cm, sağdan 2.5 cm, üstten ve alttan 2.5 cm boşluk bırakılarak yazılmalıdır. Eser başlığı ortalı diğer ana başlıklar sola yastlanmış ve koyu, özet ve abstract 10 punto ile, şekil ve çizelgeler 10 punto ile yazılmalıdır. Başlıklardaki kelimelerin sadece ilk harfleri büyük diğer harfleri küçük olmalıdır (**2. Materyal ve Yöntem** gibi). Kaynaklar 12 punto ile yazılarak paragraf asılı girinti 1 cm kullanılarak yazılmalıdır. Şekil ve çizelge başlıklarının çizelge no kısmı koyu olmalıdır (**Çizelge 1.** Kayın sahalarında...gibi). Şekiller hazırlanırken, eğer şeklin renkli basılması zorunlu değilse, kullanılan programın renkli seçeneği değil, "gri ton" seçeneği tercih edilmeli ve çerçeve seçeneği kaldırılmalıdır.

Türkçe ve İngilizce özetler sorunu, kullanılan yöntemi, bulguları ve sonuçları içermeli, 300 kelimeyi geçmemeli ve en fazla dört adet anahtar kelime kullanılmalıdır.

Yazar adı/adları açık olarak yazılmalı, ünvan kullanılmamalı ve soyadların son harfi üzerine rakam koyularak iletişim bilgileri ilk sayfanın altına dipnot olarak verilmelidir.

Eserde yararlanılan kaynaklara ilişkin atıf, metin içerisinde "yazar, yıl" (Eşen, 2004) veya (Yıldız ve ark., 1999; Eşen ve Yıldız, 2003; Tosun, 2005) şeklinde verilmelidir. Üç ya da daha fazla yazarın kaynağı ifade edilmek istenirse "ve ark.," veya "et al.," kısaltması kullanılmalı, Türkçe makalenin metni içerisinde yabancı kaynak gösterirken de et al., değil ve ark., kullanılmalıdır (Waring ve ark., 1998).

Kaynaklar listesi yazarın soyadına göre alfabetik olarak düzenlenmelidir. Yararlanılan kaynak;

*Dergiden alınmışsa*; Yıldız O, Sarginci M, Eşen D and Cromack K Jr. 2007. Effects of Vegetation Control on Nutrient Removal and *Fagus orientalis*, Lipsky Regeneration in The Western Black Sea Region of Turkey. *Forest Ecology and Management* **240(1-3)**: 186-194.

Akalp, T 1978. Türkiye'deki Doğu Ladini (*Picea orientalis* I.K. Carr.) Ormanlarında Hasılat Araştırmaları I.Ü.Orman Fakültesi. Yayını No: **2483**: 261-265

*Kitabın bir bölümünden alınmışsa*; Sparks D L, Page A L, Helmke P A, Loeppert R H, Soltanpour P N, Tabatabai M A, Johnson C T, Sumner M E, Bartels J M, and Bigham J M (Eds). 1996. *Methods of Soil Analysis – Part 3 – Chemical Methods*. Madison, Wisconsin: Soil Science Society of America and American Society of Agronomy.

Fıratlı, Ç 1993. Arı Yetiştirme. 239-270. Hayvan Yetiştirme ("Edt. M. Ertuğrul), Remzi Kitabevi, Ankara

*Anonim ise*; Anonim, 1993. Orman İstatistikleri Özeti 1991. TC. Başbakanlık Devlet İstatistik Enstitüsü, Yayın No: **1234**, Ankara. (Kaynak yabancı ise "Anonymous" olarak verilmelidir)

*İnternet ortamından alınmışsa*; <http://www.esf.edu/facstaff/> (2000) şeklinde verilmelidir.

Eserde uluslararası ölçü birimleri kullanılmalıdır.

**Yayın kurallarına uymadan gönderilen makaleler değerlendirilmeye alınmaz.**

Yayın süreci tamamlanan eserler geliş tarihi esas alınarak yayınlanır. Yayınlanan eserin tüm sorumluluğu yazarına/yazarlarına aittir.

