

**BİYOETANOL YAKITLARIN EMİSYON KARAKTERİSTİKLERİ  
VE ERZİNCAN'IN BİYOETANOL YAKIT ÜRETİM  
POTANSİYELİ****EMISSIONS CHARACTERISTICS OF BIOETHANOL FUEL AND  
BIOETHANOL FUEL PRODUCTION POTENTIAL OF  
ERZİNCAN**Murat ÇETİN<sup>1\*</sup> ve Hüsamettin KUŞ<sup>1</sup><sup>1</sup>*Erzincan Üniversitesi, Erzincan MYO, Otomotiv Programı, 24109, Erzincan.***Geliş Tarihi:** 15 Kasım 2009      **Kabul Tarihi:** 13 Ocak 2010**ÖZET**

Fosil kökenli enerji kaynaklarının sınırlı rezervi, petrol krizleri ve artan emisyon kirliliği içten yanmalı motorlar için alternatif enerji kaynaklarının araştırılması ihtiyacını ortaya çıkarmıştır. Dünya enerji ihtiyacı genel olarak konvansiyonel kaynaklardan karşılanmaktadır ve petrol tüketimi bu kaynaklar içerisinde önemli bir yer tutmaktadır. Dünyadaki teknolojik gelişmenin paralelinde hızla artan enerji ihtiyacı nedeniyle, enerjiyi yoğun olarak kullanan sektörler, araştırma-geliştirme faaliyetlerini, alternatif enerji kaynaklarının geliştirilmesi üzerinde yoğunlaşmışlardır. Alternatif yakıtlar genel olarak gaz ve sıvı yakıtlardan oluşmaktadır ve bir kısmı yenilebilir kaynaklardır. Dünya petrol üretiminin büyük bir kısmı içten yanmalı motorlarda kullanılmakta ve alternatif enerji kaynağı arayışlarında, otomotiv sektörü önemli bir yer tutmaktadır. Biyoalkoller; buji ile ateşlemeli motorlar için önemli alternatif yakıtlardandır ve endüstride önemli bir yere sahiptir. Bu çalışmada, alternatif yakıt olarak biyoetanol ve Erzincan'ın tarımsal biyoetanol üretim potansiyeli incelenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Bioetanol, Alternatif Enerji, Emisyon.**ABSTRACT**

The known limited reserves of fossil-oriented energy resources and petroleum crises and increasing emissions pollution lead to search alternative energy sources for internal combustion engines. The world energy requirements are usually provided from conventional sources and petroleum consumption has an important place in these sources. Increasing rapidly energy requirements parallel to technological development in the

\* Sorumlu Yazar: [mcetin@erzincan.edu.tr](mailto:mcetin@erzincan.edu.tr)

world, research-development activities force to study on alternative energy researches. Alternative fuels generally consist of gas and liquid fuels and some of them are renewable sources. Most of world petroleum production is used in internal combustion engines and automotive sectors take an important role in alternative energy research. Vegetable oils are of the most important alternative fuels for diesel engines which have an important role in industry. In this study, bioethanol as an alternative fuel and agriculture products of potential investigated for Erzincan.

**Key Words:** Bioethanol, Alternative Fuel, Emission.

## 1. GİRİŞ

Dünya nüfus artışına ve sınırlandırılmayan insan ihtiyaçlarının sürekli artmasına bağlı olarak enerji tüketimi ve enerji maliyetleri de sürekli artmaktadır. Enerji kaynaklarından yoksun ve ekonomik olarak zayıf olan ülkeler enerjide dışa bağımlılıktan, arz ve talepte meydana gelen bu sıkıntılardan kurtulmak için daha az kirlenici üreten, yenilenebilir ve alternatif enerji kaynaklarına yönelerek çözüm üretmeye çalışan politikalar geliştirmektedirler. Endüstriyel gelişime paralel olarak sanayideki gelişmeler hava ve çevre kirliliğinin artmasına sebep olmuştur. Bu gelişmeler “fosil yakıtların tüm olumlu katkıları yanında, olumsuz anlamda çevre sorunlarına neden olduğu gerçeğini ortaya çıkarmıştır. Özellikle enerji açısından Türkiye ve benzeri ülkelerdeki petrol fiyatlarındaki artış, ülkelerin ekonomileri üzerinde büyük mali yük meydana getirmektedir. Enerjide bu tür sorunları yaşamak istemeyen ülkeler fosil yakıtlara olan bağımlılıklarını azaltmaya çalışmaktadırlar. Dünya genelinde motorlu taşıt kullanımının artması petrol ürünlerine olan talebi de hızla artırmaktadır. Petrol rezervlerinin sınırlı olması, dünyanın belirli bölgelerinde toplanması ve petrol krizleri motorlu taşıtlar için yeni enerji kaynaklarının araştırılması ihtiyacını ortaya çıkarmıştır. Alternatif enerji kaynakları ve gelişmeler incelendiğinde dünyada biyodizel ve biyoethanol gibi yenilenebilir biyoyakıtların gelişimi dikkatleri çekmektedir. Biyoyakıtların hammaddesini tarım ürünlerinin oluşturması, konunun tarım sektörü açısından da önemini artırmaktadır. Biyoyakıtların beraberinde getirdiği; artan tarım ürünleri fiyatları üzerindeki etki, enerji tarımında karşılaşılan sorunlar ve tarım topraklarının enerji-gıda amaçlı olarak değerlendirilmesi gibi sorunlar, gıda talepleri

üzerinde tartışmaları da gündeme getirmektedir. Dünya'da enerji kullanımında %40 ile en büyük paya sahip olan petrolün büyük bir kısmı içten yanmalı motorlarda kullanılmaktadır. Dünya genelinde; sera gazı emisyonlarını 2008-2012 döneminde 1990 yılı seviyesine göre ortalama % 5oranında azaltılması (AB'de bu değer % 8) planlanmaktadır. Örneğin; AB ülkelerinde en önemli sera gazı olan CO<sub>2</sub> emisyonlarının %28'i ulaştırma sektörü merkezlidir ve AB'de biyoyakıt kullanımı Kyoto Protokolü çerçevesinde de önem kazanmaktadır (Ar, 2007; Karaosmanoğlu, 2001, 2002, 2004; Kolsarıcı, 1998; Thring, 1983).

Buji-ateşlemeli motorların bir günlük yakıt tüketim miktarı yaklaşık olarak dünya günlük petrol üretiminin üçte birine denk gelmektedir. Sınırlı olan petrol kaynaklarının yakın gelecekte bu gereksinimi karşılayamayacağı ve motorlu taşıtlarında şehirlerdeki hava kirliliğinin en önemli kaynağı olduğu bilinmektedir. Bu nedenlerle, taşıt motorlarının verimlerinin yükseltilmesi, motorlardan yayılan kirletici egzoz emisyonlarının azaltılması ve motorlar için uygun özelliklere sahip, üretimi petrole dayalı olmayan alternatif motor yakıtlarının geliştirilmesi, motorlarla ilgili araştırmaların başlıca konularını oluşturmaktadır. Buji-ateşlemeli motorlarda kullanılabilecek alternatif yakıtlar: sentetik yakıtlar, alkoller ve gaz yakıtlar olarak sınıflandırılmaktadır. Buji ateşlemeli motorlarda alternatif yakıt kullanımı ile ilgili çoğunluğu deneysel çalışmalar olan ve değişik alternatif yakıtları içeren birçok çalışma yapılmıştır. Bu nedenlerle, literatürde verilen sonuçlar genellikle; belirli bir motor için ve sınırlı sayıda çalışma koşulunda elde edilmiştir. İçten yanmalı motorlarda kullanılacak yakıtların; ucuz ve bol miktarlarda üretilebilmesi, ısı değerlerinin yüksek olması, kolayca depolanabilmesi ve taşınabilmesi, yüksek sıkıştırma oranlarında çalışmaya olanak vermesi ve düşük düzeylerde egzoz emisyonu oluşturması istenir. Bu yakıtların motor yakıtı olarak kullanılması durumunda, alışlagelmiş motor yakıtlarına göre çeşitli üstünlüklerin yanı sıra bazı olumsuzlukların da ortaya çıkacağı araştırmacılar tarafından belirtilmektedir (Alptekin ve Çanakçı,2006; Şanlı ve Çanakçı, 2005; EİEİ, 2008; Yüksel, 1984 ve 1996).

Türkiye; enerjide dışa bağımlılık ve tarımsal üretim kapasitesi açısından değerlendirilirse; alternatif enerji kaynakları içinde büyük biyokütle potansiyeline sahiptir. Biyokütle, yeşil bitkilerin güneş enerjisini fotosentez yoluyla doğrudan kimyasal enerjiye dönüştürerek depolanması sonucu oluşmaktadır. Türkiye toplam enerjisinin yaklaşık %80'ini ithal eden bir ülkedir ve dışa bağımlılık sürekli artış göstermektedir. Petrolde dışa bağımlılığın azaltılması başta olmak üzere, tarımsal üretimde çeşitliliğin artırılması, kırsal kalkınmayı desteklemesi ve yem sanayine ham madde sağlaması gibi sebeplerle büyük önem taşımaktadır Türkiye için; kırsal kesimin ekonomik yapısının güçlenmesi ve iş imkânlarının yanında yan sanayinin de gelişmesine katkıda bulunacağı beklenen biyoyakıtlar öncelikli seçenek olarak görülmektedir (Alptekin ve Çanakçı, 2006; Kolsarıcı, 1998; Yüksel,1984).

Petrolde dışa bağımlılığın azaltılması başta olmak üzere, tarımsal üretimde çeşitliliğin artırılması, kırsal kalkınmayı desteklemesi ve yem sanayine ham madde sağlaması gibi sebeplerle yağlı tohum üretiminin artırılarak uzun vadede biyodizel üretiminde kullanılması, bugünden geleceğe yönelik üretim hedeflerinin belirlenmesi önemlidir. Etanol kırsal kesimlerin, endüstriyel sektörün büyümesi ve modernizasyonu için gerekli olan yakıt ihtiyacını sağlar ve gelişimi destekler. Bu nedenle ülkemizde biyodizelden ziyade biyoetanol üretiminin geliştirilmesinin daha uygun olacağı düşünülmektedir (Karaosmanoğlu, 2002 ve 2004).

Birçok ülke tarafından petrolün ekonomik baskısından kurtulabilmek ve petrole daha az bağımlı olacak şekilde alternatif yakıt kullanabilmek için alkollü yakıt olarak veya alkol-benzin, alkol-motorin karışımı kullanma yoluna gitmişlerdir. 1900 yılından önce İngiltere'de alkol ile çalışan içten yanmalı motor yapıldığı bilinmektedir. 'Tarım Makinelerinde Alkol Kullanımı' başlıklı ilk bilimsel makale 1907 yılında ABD'de yayınlanmıştır. Metanol, etanol, tersiyer bütül alkol, metil tersiyer bütül eter ve izopropanol gibi alkoller; ya motor yakıtı olarak ya da çeşitli amaçlarla motor yakıtlarına katılarak kullanılmıştır. Otomotiv sanayinin ilk seri üretimlerinden olan Henry Ford'un T modeli, benzin-alkol ve karışımları ile çalışabilecek şekilde üretilmiştir. 1906 yılında Amerika'da fazla miktarda üretilen ve içilmeyerek atılan alkoller

yeniden dikkati çekmiş ve zamanın idaresi bu alkolleri yakıt olarak kullanmak için bazı kararlar almıştır. Aynı tarihlerde Güney Almanya'da traktör sahiplerinin daha önce kullandıkları buharlı motorlara göre, alkolle çalışan motorlardan memnun oldukları belirtilmektedir. 20. Yüzyılın başlangıç yıllarında ve sonraki yıllarda petrol kökenli yakıtların ucuzluğu, düzenli dağıtımı, verimliliği ve motorlara uygunluğu gibi faktörler fosil kökenli yakıtlara olan talebi arttırmıştır. 1915 yılında gelecekte enerji açığı olacağı ve alkolün özellikle tarımsal alanda kullanılabilir en uygun yakıt olduğu vurgulanmıştır. Bitkisel yakıtlar ise ancak emisyon kirliliği, enerjide dışa bağımlılık ve alternatif enerji türleri üzerindeki çalışmalar zorunlu hale geldiğinde önem kazanmıştır. Alkoller kaynak itibari ile petrolle ilgisi olmayan organik bileşiklerdir ve yapılarında oksijen atomu içermeleri nedeniyle oksijenli yakıtlar grubuna girerler. Biyoyakıtlar bitkisel ürünler ve artıklarından yapıldığından, biyoyakıt kullanımına bağlı olarak atmosfere daha az CO<sub>2</sub> atılacak ve sonuçta sera gazı etkisi oluşumunda önemli oranda azalma olacaktır (Alptekin ve Çanakçı, 2006; Borat vd.,1994; Karaosmanoğlu, 2002; Yücesu vd., 2001; Yüksel ve Veziroğlu,1991). Alkollerden sadece etanol ve metanol petrol esaslı olmayan hammaddelerden güncel teknolojiyle pratik olarak üretilmektedir. Metanol yüksek gücün istendiği ve yakıt ekonomisinin önemsenmediği özel olarak tasarlanmış yarış otomobili motorlarında yaygın olarak kullanılmaktadır. Taşıt motorlarında bazı düzenlemeler yapılarak metanol kullanılması durumunda motor veriminin % 40'a kadar çıkabileceği belirtilmektedir. Etanol yüksek oktan sayısına sahiptir ve tarımsal ürünler gibi yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilmektedir. Etanol, bu özellikleri nedeniyle buji-ateşlemeli motorlar için uygun bir yakıttır ve motorlarda tek başına ya da benzine belirli oranlarda katılarak kullanılmaktadır. %20 oranına kadar etanol içeren benzin-etanol karışımlarının, motor üzerinde hiçbir değişiklik yapılmadan kullanılabilirliği belirtilmektedir (Yüksel, 1984, 1992 ve 1996).

Alkollerin yakıt olarak kullanımına 1920-1930 yıllarında başlanmış olup, petrol esaslı yakıtlara katılarak kullanılması ikinci dünya savaşı sırasında Almanya, Çekoslovakya, Macaristan, İtalya ve İsveç'te uygulanmıştır. Yapılan çalışmalarda, alkolün değişik

kaynaklardan üretilme olanakları araştırılmış olup, alkolün bitkisel maddelerden, atık ürünlerden ve hatta çöplüklerden üretilerek yakıt olarak kullanılabilmesi belirtilmiştir. 1930 yılında ABD’de hububat fiyatlarının çok düşük olması nedeniyle hububattan alkol üretimi yoluna gidilmiştir. Petrolün uzun zaman bol ve ucuz bulunması nedeniyle alkoller ancak fazla miktarda üretildikleri zaman veya petrolün kısıtlı bulunduğu dönemlerde benzine karıştırılarak kullanılmıştır. Örneğin 2. Dünya savaşı sırasında ABD’de etil alkol üretilen bitkiler yetiştirilmiş ve üretilen etil alkol benzine karıştırılarak kullanılmıştır. 1940 yılında benzin motorundan yüksek performans sağlamak ve vuruntuyu önlemek için benzine alkol karıştırılmıştır. Türkiye’de benzine etanol (ispirto) katma işlemine 1932 yılında başlanmış, 1940 yıllarında askeri amaçla kullanılan benzine %20 oranında alkol katılmıştır. Brezilya’da benzine etanol (ispirto) katılarak alkollü karışım elde edilmiş ve 1975 yılında başlattığı milli alkol programı ile 1980’li yıllarda yılda 3 milyon metreküp anhidrit etanol üretebilir hale gelmiştir. Etanol benzin ile harmanlanarak kullanılmaktadır. Alkollü yanma sistemlerinin optimizasyonu; sıkıştırma oranı, alkol denemeleri, piston başı dizaynı, enjektör memesi montaj boyutları, yakıt spreylere uygun buji montajı, ateşleme ve püskürtme zamanı ayarları, ateşleme ve kızdırma bujisi elemanlarının değerleri dikkate alınarak yapılmalıdır (Hardenberg and Schaefer, 1981; Poulton, 1994). Motor performansının maksimum olması düşünülürken yanmanın optimizasyonunun temelinde minimum yakıt tüketimi, emisyon ve yanmanın düzenliliği dikkate alınmalıdır. Üretim potansiyeli yüksek olan şeker pancarı üretimi ülkemizde kota ile sınırlandırılmıştır ve 1979 yılında Erzurum Şeker Fabrikasında yakıt amaçlı etanol üretimi için bir ünite kurulmuş ve deneme üretimleri yapmış olmasına rağmen, Türkiye’de şeker pancarına dayalı biyoetanol üretim çalışmaları 2007 yılından sonra hız kazanmıştır. Bugün dünyanın en büyük etanol (alkol) üreticisi olan Brezilya’da araçların yaklaşık üçte biri şeker kamışından üretilen etanol ile çalışır hale getirilmiştir (Ar, 2007; Çetin, 2002).

### 1.1 Biyoetanolün Yakıt Özelliği ve Emisyon Performansı

Biyoetanolün ısı değeri benzinin ısı değerinden oldukça düşük değerde olup, oktan sayısı benzinin oktan sayısından daha yüksektir. Alkol kullanımı ile benzinden daha yüksek özgül yakıt tüketimi ve daha düşük güç ve moment değerleri elde edilirken, motor daha az vuruntulu çalışmaktadır. Alkoller ile karşılaştırıldığında, petrol kökenli yakıtların hala daha uygun oldukları görülmektedir. Ancak, son yıllarda görülen ve büyük boyutlara ulaşan enerji açığı ve özellikle 1973 yılındaki petrol ambargosu, ülkeleri değişik enerji kaynakları aramaya zorlamıştır. Bunun sonucu olarak, bu ülkeler petrol satan ülkelere bağımlılığı azaltmak için çeşitli çalışmalara yönelmişlerdir. Özellikle petrol kökenli yakıtların yerini alabilecek yakıtlar yeniden gündeme gelmiştir. Bunlar içerisinde de yenilenebilir kaynaklardan sağlanan alkoller, bitkisel yağlar ve biyogaz daha fazla önemsenmektedir (Karaosmanoğlu, 2001; Kolsarıcı, 1998; Yüksel, B. 1984). Tablo 1’de bu yakıtların bazı özellikleri verilmiştir.

**Tablo 1.** Alkol ve yakıtların özellikleri (Borat vd.,1994 Poulton, 1994; Yücesu vd., 2001).

	Metanol	Bütanol	Etanol	Motorin	Benzin
Kimyasal Denklemi	CH <sub>3</sub> OH	C <sub>4</sub> H <sub>9</sub> OH	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH	C <sub>16</sub> H <sub>34</sub>	C <sub>8</sub> H <sub>18</sub>
C/H Oranı	0.25	0.40	0.333	0.55	0.556
Moleküler Ağırlığı	32.04	74	46.07	225	91.4
Özgül ağırlığı Sıvı(kg/dm <sup>3</sup> )	0.79	0.810	0.79	0.79-0.83	0.73-0.78
Isıl Değeri(Mj/kg)	20.1	33.15	26.9	42.8	43.4
Stokoyometrik Hava/Yakıt Oranı.	6.44	11.1	8.96	14.6	14.7
Kaynama Noktası °C	65.1	118	78.7	140-360	30-325
Tutuşma Sıcaklığı °C	470	343	423	257	257
Araştırma Oktan Numarası	110	113	106-108	----	87-100
Motor Oktan Numarası	87		90		83
Setan Sayısı	3	17	8	45-50	0-10
Donma Noktası °C	-97.6	-89,3	-117.1	-15	-56
Buharlaşma Isısı(Mj/kg)	1.102	0.590	0.856	0.25-.30	0.272
Vizkozite 20 °C cP	0.6	2.33	1.2	3.9	0.29
Tutuşma Sınırı % hacim Lamda	6-37 0.24-2.22	-----	3.5-19 0.29-1.92	1.5-8.2	1.3-7.6 0.26-1.67

Alternatif yakıt olarak üzerinde fazlaca düşünülen yakıtların başında alkoller grubunun ilk 4 elemanı gelmektedir. Önceleri odundan üretilen metanol ( $\text{CH}_3\text{OH}$ ) artık metan, karbondioksit ve nafta, yakıt yağı veya kömürden elde edilmeye başlamıştır. Etanol ( $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ ) ise etilenden elde edilebileceği gibi, muhtelif bitkilerden elde edilen karbonhidratların fermantasyonu ile de üretilmektedir. Propanol ( $\text{C}_3\text{H}_7\text{OH}$ ), butanol ( $\text{C}_4\text{H}_9\text{OH}$ ) ve daha sonraki alkoller ise, mısır veya küspelerin fermantasyonu veya alkol, aseton ve aldehitlerin sentetik muamelesi ile elde edilebilirler. Alkollerin buharlaşma ısıları yüksek olduğundan, kompresyon sırasında gazlardan ısı çekerek volumetrik verimi dolayısıyla motor gücünü artırır (Yüksel,1996; Hardenberg and Schaefer,1981). Alkoller ve petrol kökenli yakıtlar fiyat yönünden karşılaştırıldıklarında, birçok ülkede, alkol fiyatlarının benzin ve motorin fiyatlarından yüksek olduğu görülür. Alkol fiyatları dünya üzerinde çok değişik değerler göstermektedir. Bunun nedeni elde edilme sırasında kullanılan ham maddenin ve işlemlerin çeşitliliğidir. Yaygın olarak bulunan ve alkollerin genel adıyla belirtilen etanol çok değişik tarım ürünlerinden ve tarımsal artıklardan üretilmekte olup, günümüzde genellikle tarım ürünlerinden fermantasyon yoluyla yan ürün olarak elde edilmektedir. Fermantasyon yoluyla üretilen alkol, ham alkoldür ve yaklaşık %95-96 saflıktadır. Ham alkolün değişik yöntemlerle saflaştırılması maliyetini oldukça yükseltmektedir. Alkol üretiminin avantajı, tarımsal ürünlerden elde edildikten sonra ürünün kullanılma olanağının ortadan kalkmamasıdır. Tarımsal ürün içerisindeki alkol alındıktan sonra ürün yem olarak veya başka amaçlarla kullanılabilir ve petrol kökenli yakıtlara karşı üstün yanı yenilenebilir kaynaklardan üretilmesidir. Etanol üretimi, fermantasyon, distilasyon, şilempe koyulaştırma ve potasyum sülfat ayırma ünitelerinden oluşan bir tesistir. Bu şekilde üretilen alkolün yüzdesi %96 olup bu alkol kimya ilaç ve içki endüstrisinde kullanılır. Benzine karıştırılacak etanolun su içermemesi yani saflaştırılması gereklidir. Etanolden suyun ayrıştırılması moleküler sieve metodu ile olmaktadır. Saflaştırılmış etanol (%99.8 etil alkol) benzine belli bir oranda katılarak elde edilen yakıt buji ateşlemeli motorlarda herhangi bir modifikasyon gerektirmeksizin kullanılabilir. Tablo 2'de alkollerin elde edildiği bitkiler ve Türkiye için üretilbilirlik durumları verilmiştir.

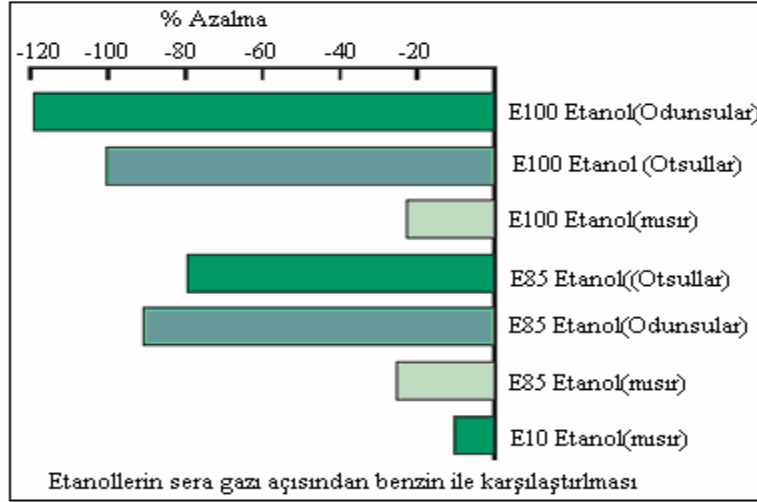


**Tablo 2.** Alkol üretilen bitkiler ve Türkiye için üretilebilirlik durumları (Yüksel,1996)

Ürün adı	Verim (kg/hektar)	Ekilen alan (bin hektar)	Üretilen alkol (l/ton)
Pirinç	3077	40	430
Mısır	4208	518	360
Buğday	2118	9630	340
Çavdar	1641	156	330
Arpa	2260	3450	250
Yulaf	1931	132	240
Patates	22954	200400	110
Şeker pancarı	36819	379853	90
Melas yan ürün	-	-	285
	(kg/ağaç)	Ağaç sayısı(bin)	
Elma	34	11894	820
Üzüm	6	586000	562
Kayısı	34	10239	520
Armut	34	11894	428
Şeftali	33	10700	428
Erik	26	7068	406
	Ürün miktarı(ton)		
Yer elması	-	900	76
Soğan	-	200000	52
Havuç	-	171000	37
Saman	-	-	104-209
Gazete	-	-	167-209
Hızar talaşı	-	-	83-146
Ot ve odun	-	-	104-209

Türkiye’de biyoeanolün benzine maksimum %7,5 oranında katılabileceği planlanmaktadır. Etanolun yakıt olarak kullanılmasında; ham maddenin ekonomik olarak temini, ham maddenin ve mamul maddenin taşıma giderleri ve yan ürünlerin değerlendirilmesi önemli etkenlerdendir. Genellikle biyoeanol ve şilempe koyulaştırma tesisinde kampanya süresince koyu şerbet, şeker üretim sezonu dışı dönemde de melastan biyoeanol üretilmektedir. Ayrıca etanol üretim tesisleri atık olarak koyu şerbet işlerse kuru madde, melas işlerse şilempe çıkmakta olup içinden potasyum alındığı takdirde hayvan yemi olarak kullanılmakta ve içinden alınan potasyum ise K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (Potasyum Sülfat) gübre olarak değerlendirilmektedir. Alkollerin kendi kendine tutuşma sıcaklıkları benzin ve motorine göre daha yüksektir ve bu alkollerin sıkıştırma işlemi sırasında

meydana gelen ısı ile tutuşmasının zorluğunu göstermektedir. Vuruntuya karşı olan yüksek direncinden dolayı etanol; buji ateşlemeli motorlarda yakıt olarak kullanılabilir ve bu özelliğinden dolayı, vuruntu mukavemetini artırmak için benzine katkı maddesi olarak ta katılabilir. Yetersiz tutuşma kalitesinden dolayı saf etanolün sıkıştırma ile ateşlemeli motorlarda kullanımı uygun değildir. Normal alkenler ve normal alkonislerde moleküler zincir yapısının uzunluğunun fonksiyonu setan numarasını belirtir ve zincir yapısının kısa olması ateşleme kalitesinin de düşük olduğunu gösterir. Aynı zincir boyundaki alkollerin normal alkenlerden daha düşük ateşleme kalitesinde olduğu da bilinen bir gerçektir. Etanol 78,4 °C de kaynayan -100 °C ye kadar sıvı olarak kalan temiz, renksiz bir sıvıdır. Yoğunluğu 0.794 kg/litre alt ısıl değeri 27350 kJ/kg, oktan sayısı 99'dur. Ayrıca petrole göre daha düşük alev sıcaklıklarının olması yanma olayının iyileşmesini ve yanma ürünleri içindeki azotoksit ve karbonmonoksit oranlarının azalmasını sağlamaktadır. Alkoller su absorbe etme özelliğine sahiptirler. Etanolün üstünlükleri yanında yetersiz özellikleri de vardır ve oktan sayısının yüksek oluşu nedeni ile dizel motorlarında belirli bir karışım oranından sonra vuruntuya neden olur. Etanolün diğer olumsuz bir etkisi de içinde bulunan suyun yakıt donanımı ve emme sistemi üzerindeki korozif etkisidir. Buharlaştırma ısısı yüksek, buhar basıncı düşüktür ve buharlaştırma ısısının yüksek olması motorda soğukta ilk hareketi zorlaştırmaktadır. En önemlisi günümüzde alkol üretimindeki enerji dengesi negatiftir yani alkolün üretimi için yanması sonunda vereceği ısıdan daha fazla enerjiye ihtiyaç vardır. Bu nedenle bir süre sonra bünyelerindeki su yüzdeleri artabilir. Buna karşı en iyi çare hava ile temasını kesmektir. Yakıt tanklarının sabit basınçta tutulma mecburiyetinden dolayı en uygun yol depo ağzına rutubet tutan bir eleman yerleştirmektir. Ayrıca etanolün çoğunlukla gıda maddelerinden elde edilmesi besin kaynakları açısından ayrı bir yetersizlik oluşturmaktadır (Borat,1979; Yüksel,1996; Yüksel ve Veziroğlu,1991). Şekil 1'de etanolün sera gazı değerleri açısından benzin ile karşılaştırılması verilmiştir. Şekil 1 incelendiğinde etanolün global ısınmanın temel etkisi olan sera gazları üzerindeki azaltma yüzdesi ve faydası görülmektedir.



**Şekil 1.** Etanolün sera gazı değerleri açısından benzin ile karşılaştırılması (www. Environment-inovation.com.)

Alkoller, tabiatta serbest bulunmadığı gibi ester ve eterlerine de rastlanmaz. Ancak bazı mikroorganizmaların meydana getirdiği bozulma reaksiyonlarında, özellikle de karbonhidratların fermantasyonunda meydana gelir. Alkol üretimi için, fermantasyon; eskiden beri bilinen ve bugünde bir çok ülkede kullanılan üretim yöntemidir. Ham maddesi esasen glikoz olup daha ucuz maddelerden olan nişasta, selüloz ve ham selülozdan etanol elde edilebilir. Zengin kömür ve petrol kaynaklarının olması halinde alkol üretmek için kimyasal yöntemler kullanılır. Derişik sülfirik asite etilen gazı göndermek sureti ile elde edilen etil sülfat asidi ve dietil sülfatın hidrolizi ( $C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2C_2H_5OH + 2CO_2$ ) ile etanol elde edilir (http://www.enerji.gov.tr; Yanma Bilgisi, 1992).

Otto motorlarında benzine karıştırılarak günümüze kadar belirli zamanlarda kullanılan metanol, genellikle yarış otolarında kullanılmaktadır. Yanması temizdir, buharlaşma ısısı yüksek olduğundan silindire daha yüksek dolgunun girmesini sağlar. Metanol karışımı benzin motorun ilk hareketini kolaylaştırır. Metanol kimyasal sentezle üretilebildiği gibi kömür, odun, lağım suyu, çeşitli fosiller, doğal gaz, bazı organik maddeler, kireç ve endüstriyel atıklardan elde edilebilmektedir. Renksiz saydam, hafif kokulu

zehirli bir sıvıdır. Her oranda su ile karışabilir. Önceleri, odunun pirolitik distilasyonu sonucu elde edildiğinden odun ruhu olarak ta isimlendirilmiştir. Isıl değeri 19000 kJ/kg civarında olan metanol, karbonmonoksit ve hidrojen sentez yolu ile elde edilebilir. Reaksiyon 400-500 °C sıcaklık ve 200 atmosfer basınç altında gerçekleştirilir. Atık ve çöpten metanol üretiminde; su buharı, kömür, bitki artıkları, odun, şehir atığı, çöp ve hayvan atığı ile reaksiyona sokularak elde edilir. Motor yakıtı olarak kullanılacak alkollerin olumlu ve olumsuz özelliklerinin de dikkate alınması gerekir (Yüksel, 1984; <http://www.enerji.gov.tr>; Yanma Bilgisi, 1992).

## 1.2. ERZİNCAN İLİNİN BİOETANOL POTANSİYELİ

Erzincan ilinin yüzölçümü 1.190.300 hektardır, genelde karasal iklim özelliği göstermekle beraber, arazinin %59.6 sı dağ, %26.4'ü plato, %5.4'ü yayla, %8.6 ova, 452.562 hektarı çayır ve mera alanlarıyla birbirinden farklı iklim karakterlerine sahiptir. Erzincan ovası, jeomorfolojik yapısıyla, Doğu Anadolu Bölgesi içerisinde polikültürün yapıldığı bir karakter göstermektedir. Etrafı dağlarla çevrili olan ilin rakımı 1000 metreden fazla olan bu yerlerdeki mikroklima bir iklim özelliği gösteren bir yapısı söz konusudur ve Erzincan ovasında çeşitli tarımsal ürünler, yeni ürün tipleri ve aşılama ile meyve üretimine elverişli bir ortamı oluşturmaktadır. Erzincan Ovasının su kaynakları açısından zengin olması, sulu tarım imkanı vermektedir. İlin toplam tarım alanı olan 202.704 hektarın (il yüzölçümünün %17.1'i) özellikle Erzincan ovası bölümü tamamen sulanabilmektedir. 2003 yılı sonu itibarıyla sulanabilir toplam 137.857 hektar arazinin 100.198 hektarı sulu, 37.659 hektarı sulanamayan tarım alanıdır. 2007 yılı sonu itibarıyla Erzincan ilinde 123.959 hektar alanda tarla ürünleri ekilmiş ve 43.517 hektar alan nadasa bırakılmıştır. Tarıma elverişli olduğu halde kullanılmayan alan ise 28.534 hektardır. 3.490 hektar alanda meyvecilik ve 3.203 hektar alanda da sebzeçilik yapılmıştır. En çok ekimi yapılan ürünler buğday, arpa, çavdar, kuru fasulye, şeker pancarı ve yem bitkileridir. Erzincan'ın tarımsal yapısına ait özet bilgiler Tablo 3'de verilmiştir. Erzincan ikliminin, Doğu Anadolu ve Karadeniz bölgeleri arasında, kendine özgü nitelikleri vardır. Bu yönden il, çevre illerin sebze ve meyve bahçesi gibidir (Erzincan Tarım İl Müdürlüğü, 2008).

**Tablo 3.** Erzincan tarımsal ekilebilir toprak potansiyeli (Erzincan Tarım İl Müdürlüğü, 2008)

Ekilen Toplam Tarla Alanı (Hektar)	123.959
Nadasa Bırakılan Alan (Hektar)	43.517
Meyvelik Alan (Hektar)	3.490
Sebze Ekili Alan (Hektar)	3.203
Bağ Alanı (Hektar)	864
Sulanabilir Tarım Alanı (Hektar)	137.857
Sulaması Yapılan Tarım Alanı (Hektar)	96.442
Devlet Sulaması (Hektar)	9.698
Halk Sulaması (Hektar)	26.743

Türkiye’de bitkisel yağ açığının bulunduğu gerçeği dikkate alındığında ise bu açığın giderilebilmesi ve biyoyakıt üretimi yapılabilmesi için yağ oranı yüksek tarımsal ürünlere ağırlık verilmesi ön plandadır. “Enerji Tarımı” olarak ta adlandırılan bu tür bitkilerin yetiştirilmesinin Türk tarımına katkı sağlayacağı düşünülürken, tohumunun Türkiye’de üretilmiyor olması, Türkiye’ye uluslararası tekeller tarafından getirilmesi ve genetiği ile oynanabilmesi bu tür endişeleri dikkate değer düzeyde azaltacaktır. Erzincan’da 2007 yılı değerlerine göre şeker pancarı rekoltesinin 333 bin ton, buğdayın rekoltesi 178 bin ton, mısır rekoltesi ise 76,6 bin ton olarak gerçekleşmiştir ve şeker pancarının ardından en fazla buğday ve mısır üretilmektedir. Enerji tarımı Erzincan ili açısından en önemli avantajı, ekonomik değeri düşük tarım ürünlerinin yerine ekonomik değerleri yüksek ve aynı zamanda da belirli bir fiyat istikrarına sahip tarım ürünleri yetiştirerek ekonomik bir avantaj sağlamaktadır. Erzincan’da üretim potansiyelleri dikkate alındığında alternatif bu tarım ürünleri için ölçülen ve gözlenen üretim değerleri Tablo 4’de verilmiştir.

**Tablo 4.** Erzincan tarım ürünleri ekim alanları, üretim miktarları ve verimleri (TUİK, 2008)

Ürün Adı	Alan (Hektar)	Üretim (Ton)	Verim (Kg/Da)
Buğday	63.763	178.039	280
Arpa	23.125	63.111	273
Fasulye	7.129	11.378	160
Şeker Pancarı	5.990	314.000	5.240
Mısır	63.763	600-800	851

Diğer taraftan şeker pancarına getirilen kota nedeniyle alternatif ürün arayışını sürdüren Erzincan çiftçisi mısır ve ayçiçeği ekimine ağırlık vermeye başlamıştır. Erzincan çiftçisi; pancara getirilen kotanın çiftçiyi olumsuz yönde etkilemesi sonucu mecburen alternatif ürün olarak kanola ekimi yapmıştır, ilimizde pancar ekiminde zarar eden çiftçinin kanola, mısır ve ayçiçeği gibi alternatif enerji tarımı ile kazancının artacağı tahmin edilmektedir. Erzincan'da biyoyakıt üretim potansiyelleri etanolün elde edildiği (bitkiler şeker, nişasta veya selüloz içerikli bitkiler); şeker pancarı, şeker kamışı, mısır, buğday, patates, odunsular, tarımsal atıklar ve selüloz içerikli belediye atıkları olarak sayılabilir. Erzincan'da mevcut biyoetanol hammaddelerinden; şeker pancarı 6600 litre/hektar (5,5 ton/hektar) düzeyindedir. Bu oran buğdayda 3100 litre/hektar (2,5 ton/hektar) iken, mısır için 3400 litre/hektar (2,7 ton/hektar) ve patatesten ise 4000 litre/hektar (3,2 ton/hektar) civarındadır. Ülkemiz tarım ürünleri skalasında biyoetanol üretimi için en doğru ürün şeker pancarı olarak tanımlanmaktadır. Erzincan'da şeker pancarı ekilen arazi; 16200 ha olup bu arazinin yarısı biyoetanol üretimi için şeker pancarı tarımına ayrıldığında; 1 ha araziden 50 ton şeker pancarı alınırken, 11 ton şeker pancarından 1 ton biyoetanol üretilmektedir. 1 ha araziden 4,5 ton biyoetanol, 181000 ha araziden 37300 ton biyoetanol (2006 benzin tüketimimizin %1,4'ü) üretilebilecektir. Erzincan'da biyoetanol üretimi yoktur fakat Erzincan şeker fabrikasının bünyesinde ilimizin ürettiği ürünlerden etanol üretecek bir tesis kurulabilir. Ayrıca yerli hammadde kullanılarak üretilen biyoetanol %2 oranında ÖTV'den muaftır. Araştırma sonucuna göre, toplam ekili tarla alanı içinde %48,9 ile buğday ve %19,9 ile arpa ekimi en fazla yapılan ürünlerdir. Ekili alanları bakımından diğer önemli ürünlerin tarla alanı içindeki oranları ise ayçiçeği'nde %4,3, dane mısır'da %4,2, kütü pamuk'ta %4 ve şeker pancarı'nda %2,2'dir. Bu ürünler toplam ekili tarla alanlarının %83,5'ini oluşturmaktadır.

## 2. SONUÇ VE ÇÖZÜM ÖNERİLERİ

Ülkemizde ve dolayısıyla ilimizde; ekimi yapılan yağlı tohumlu bitkilerin üretim miktarlarının tüketimi karşılamadığı ve ülkemizin gerek yağlı tohumlarda gerekse ham yağda dünyanın sayılı ithalatçı ülkeleri arasında yer aldığı görülmektedir. Türkiye'de

yağlı tohumlu bitkilerin üretiminin artırılması için daha çok alanda ekim yapılması gereklidir. Ancak üreticilerin ekimde bu üretimi tercih etmeleri de kârlılık ile orantılıdır. Bu açıdan değerlendirme yapıldığında alınması gereken tedbirler şunlardır;

1. Yağlı tohumlu bitkilerde desteklerin devamlılığı sağlanmalıdır ve uygulanmakta olan prim sistemi üretici maliyetleri dikkate alınarak tespit edilmeli ve prim miktarları ekim öncesi açıklanmalıdır.
2. Üreticinin beklentisi genellikle ayçiçeği-buğday paritesi doğrultusunda oluşmaktadır. Üretim maliyetleri göz önünde bulundurularak parite en az 2 olmalı ve hasat sezonunda ithalat yapılmamalıdır.
3. Ayçiçeği üretiminde sulama önemlidir, bir kez sulama dahi verimi 2 katına çıkarabilmektedir. Biyoyakıt yerli hammadde ile üretilirse ülke ekonomisine fayda sağlar ve en büyük sorumluluk tarımsal birliklere düşmektedir.
4. Biyoyakıt üretiminin ilk ve en önemli adımı hammadde teminidir ve biyometanol üretiminin sürdürülebilir kılınması düzenli olarak hammadde temini ile mümkündür. Erzincan biyoyakıt hammaddesi yetiştirme kapasitesi yüksek illerimizdendir,
5. Dünya genelinde; başta yağlı tohumlar olmak üzere tarım ürünlerinin fiyatlarının önemli miktarlarda arttığı ve gelecek yıllarda da artmaya devam edeceği dikkate alındığında; ülkemizin tarımsal üretim potansiyeli dikkate alınarak, biyoyakıt üretim politikası belirlenmelidir.

#### **KAYNAKLAR**

- Alptekin, E., Çanakçı, M. (2006). Biyodizel ve Türkiye'deki durumu. Mühendis ve Makine, 561 57-64.
- Ar, F., (2007) Biyoyakıtlar ve Enerji Tarımı, İç Anadolu Enerji Forumu, Ankara.
- Borat, O. (1979) Benzin-metanol karışımı Otto motorları. Mühendislik Araştırma Grubu TUBİTAK
- Borat, O., Sürmen, A., Balcı, M. (1994) İçten yanmalı motorlar Cilt 1 Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Vakfı.
- Borat, O., Sürmen, A., Balcı, M. (1994) Yanma Bilgisi., Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Vakfı., Ankara.

- Çetin, M. (2002). Dizel motorun alkol motoruna dönüştürülmesi ve optimum çalışma koşullarının belirlenmesi. Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
- Elektrik İşleri Etüd İdaresi., Biyodizelin çevresel özellikleri., 2008
- Erzincan Tarım İl Müdürlüğü., Erzincan tarım ürünleri bülteni., 2008.
- Hardenberg, H.O., Schaefer, A.J. (1981) The use of ethanol as a fuel for compression ignition engines. SAE, 811211
- <http://www.enerji.gov.tr>., Enerji (biyoyakıt) 2009
- Karaosmanoğlu, F. (2001). Biyomotorin ve Türkiye. Enerji, (1), 35-38.
- Karaosmanoğlu, F., Biomotorin ve Türkiye, <http://www.biyomotorin-biodiesel>., (2004)
- Karaosmanoğlu, F., Türkiye için çevre dostu-yenilenebilir yakıt adayı Biyomotorin. Ekojenerasyon Dünyası-Cogeneration, ICC1 Özel Sayısı, İstanbul (2002).
- Kolsarıcı, Ö., Bitkisel yağ açığımız ve çözüm yolları., AUTABİM seri konferansları. Ankara.1-7 1998.
- Poulton, M.L., (1994). Alternative fuels for road vehicles. Computational Mechanics Publications.
- Şanlı, H., Çanakçı, M. (2005) Dizel motorlar için yükselen bir alternatif yakıt: Biyodizel. III. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu, (19-21 Ekim 2005)
- Thring, R.H. (1983) Alternative fuels for spark-ignition engines. SAE, Paper No: 831685.
- TÜİK, (2008) Bitkisel yağ üretim II. tahmini, [www.tuik.gov.tr](http://www.tuik.gov.tr).
- URL-1, Department of energy office of fuel development and congressional research service. USA.(2008). What is the renewable process? <http://environment-inovation.com>.
- Yücesu, H.S, Altın, R., Çetinkaya, S. (2001) Dizel motorlarında alternatif yakıt olarak bitkisel yağ kullanımının deneysel incelenmesi. Turk J Engin Environ Sci TUBİTAK, 25, 39-49.
- Yüksel, B. (1984) Tarımsal alanda kullanılan dizel traktör motorlarında etil alkolün yakıt olarak kullanılma olanakları üzerine bir araştırma., Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 217s.
- Yüksel, B. (1992). Alternatif Enerji Kaynağı Olarak Hidrojen. Atatürk Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Ders Notları, No: 22, Erzurum, 56s.
- Yüksel, B. Veziroğlu,N., (1991) Utilization of Alcohol Fuels in Diesel Engines. Clean Energy Research Institute University of Miami.



Yüksel. F. (1996) Geliştirilen karbüratör sistemi ile Otto motorlarında benzin-alkol karışımlarının kullanılması. Atatürk Üniversitesi. Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 158s

\*\*\*\*