

## **AVRUPA VE TÜRKİYE'DEKİ BİYOKÜTLE ENERJİSİ**

**Metin DEMİRTAŞ, Vedat GÜN**

Balıkesir Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Balıkesir,  
TÜRKİYE  
Celal Bayar Üniversitesi, Kırkağaç Meslek Yüksek Okulu, Elektrik Bölümü, Manisa, TÜRKİYE

**Özet:**Fosil yakıt enerji kaynakları daha da azaldığında, Türkiye gelecek 50 yıl içerisinde enerji kıtlığı, enerji fiyatlarındaki önemli artışlar ve enerji güvensizliği ile karşı karşıya kalacaktır. Buna ilaveten, Türkiye'nin fosil yakıtlarına dayalı enerji tüketimi çevresel kirlilikteki artmaya ve küresel ısınmanın hızlanmasına katkıda bulunacaktır. Bu nedenlerden dolayı, yenilenebilir enerji kaynaklarının ve teknolojilerinin kullanımı ve gelişimi Türkiye'nin sürdürülebilir ekonomik gelişimi açısından artan bir şekilde hayati bir önem taşımaktadır. Hidro elektrik, biyokütle enerjisi biyogaz, biyoyakıt, rüzgar enerjisi, güneş enerjisi ve jeotermal enerji, gelecekte Türkiye'ye en çok yenilenebilir enerji kaynağı temin edecek ana enerji kaynaklarıdır. Bu çalışmada, yenilenebilir enerji kaynakları içerisinde gelecekte Türkiye'nin enerji ihtiyacını karşılamaında destek olacak, biyokütle enerjinin potansiyeli incelenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Biyokütle, yenilenebilir enerji kaynakları

## **BIOMASS ENERGY IN TURKEY AND EUROPE**

**Abstract:** As fossil fuel energy becomes scarcer, Turkey will face energy shortages, significantly increasing energy prices, and energy insecurity within the next few decades. In addition, Turkey's continued reliance on fossil fuel consumption will contribute to accelerating the rates of domestic environmental quality and global warming. For these reasons, the development and use of the renewable energy sources and technologies are increasingly becoming vital for sustainable economic development of Turkey. Hydropower, biomass, biogas, biofuels, wind power, solar energy, and geothermal energy are the major resources to provide Turkey with most of its renewable energy in the future. In this study, the potentials of the biomass energy of these renewable energy sources were assessed for supplying the future needs of Turkey.

**Keywords:** Biomass, renewable energy sources

*Geliş Tarihi:20.02.2006*

*Kabul Tarihi: 20.07.2006*

## 1. GİRİŞ

Enerji tüketimi nüfus artışına, sanayileşmeye ve teknolojik gelişmelere paralel olarak hızlı bir şekilde artmaktadır. Günümüzde, dünya enerji gereksiniminin %80'i kömür, petrol ve doğal gaz gibi fosil yakıtlarla karşılanmaktadır. Fosil yakıtların dünyada bilinen rezerv dağılımları, petrol eşdeğeri olarak, %68 kömür, %18 petrol, %14 doğalgaz olarak bilinmektedir [1]. Ülkemiz birincil enerji kaynakları rezervleri ile karşılaştırıldığında miktar ve kalite itibarıyla çok düşük seviyededir [2]. Rezervlerimizin dünya rezervleri içerisindeki yeri incelendiğinde; kömür rezervi dünya kaynak varlığının %0.1'i civarındadır. Petrol ve doğalgaz rezervleri ise son derece kısıtlıdır [3,4].

Bir toplumun istikrarlı gelişimi enerji kaynaklarını uzun vadede hazır ve devamlı şekilde, katlanılabilir bir maliyette ve negatif sosyal etkiler yaratmadan kullanılabilmesine bağlıdır. Günümüzde hızla tüketilmekte olan fosil yakıtların uzun yıllar kullanılabileceği düşünülse de tükeneceği gerçeği bilinmektedir. Ayrıca, konvansiyonel enerji kaynaklı santrallerin çevre ile olan etkileşimleri artık bütün dünyanın bir sorunu olmuş ve gelecek nesilleri tehdit edecek seviyeye ulaşmıştır. Uzun yıllardan beri kömür, petrol gibi fosil yakıtların kullanımıyla artan CO<sub>2</sub> küresel ısınmanın başlıca nedenlerindedir. İnsan faaliyetlerinin içinde enerji kullanımının küresel ısınmaya etkisi %49'dur [5,6]. Ancak son 50 yıldan bu yana dünya ülkeleri, enerji üretiminden kaynaklanan çevre kirliliğini azaltma, en azından bu etkilenme oranının zaten doğal ortamda mevcut olan değişim sınırları içerisinde tutma, doğal ortam tarafında kabul edilebilir veya izole edilebilir seviyede koruma adına bir araya gelebilmiş ve çözüm yolları aramaya başlamıştır. Bu çözüm yollarının en başında alternatif enerji kaynaklarının kullanımını artırma ve yaygınlaştırma gelmektedir [7].

Alternatif enerji kaynaklarından yenilenebilir enerji kaynakları

konvansiyonel enerji kaynakları ile karbon emisyonları açısından karşılaştırılmayacak kadar küçük değerlere sahiptir. Yenilenebilir kaynaklı enerji üretimi süreci karbondan bağımsız olması, diğer bir ifadeyle atmosfer kirliliğine sebebiyet vermemesi nedeniyle bu kaynaklar temiz enerji olarak sınıflandırılmaktadır. Çevre sorunları ve çevre kalitesi sadece atmosfer, hava ve su kirliliği veya karbon emisyonları boyutlarında ele alındığında, yenilenebilir enerji kaynaklarının temiz enerji olduğu gün ışığı gibi aşikardır [7]. Biyokütle, temiz enerji kaynaklarından farklı olarak taşınması ve saklanması en kolay yenilenebilir enerji kaynağıdır. Bu nedenle biyokütle, son yıllarda araştırmacıların ilgisini çekmiş ve biyokütleden enerji olarak yararlanmak amacıyla birçok çalışma yapılmıştır [4].

Bu çalışmanın amacı, biyokütle enerjinin kullanılmasını teşvik ederek, enerji sektörüne katkıda bulunmaktır. Çalışmanın sonuç kısmında, ülkemizde atıl vaziyette bulunan biyokütlenin tekrar enerji sektörüne kazandırılmasını sağlayacak çözüm ve öneriler sunulmaktadır.

## 2. BİYOKÜTLE

Biyokütle terimi ile belirli bir zaman, alan ya da hacim ölçüsünde toprak üstünde ve altında yaşayan bitkisel ve hayvansal maddelerin miktarı anlaşılır. Dünya üzerinde yer alan biyokütlenin yaklaşık %90'ı ormanlarda gövdeler, dallar, yapraklar ve döküntü maddeler ile yaşayan hayvanlar ve mikroorganizmalardan oluştuğu ve dünya ormanlarının yıllık net biyolojik üretiminin yaklaşık 5x10<sup>19</sup> ton olduğu tahmin edilmektedir. Bu üretim miktarı ziraat alanları, çayırliklar, otlaklar, stepler, tundralar ve geri kalan vejetasyon formlarında fotosentez ile oluşan bütün birincil biyokütle miktarlarından daha fazladır [8].

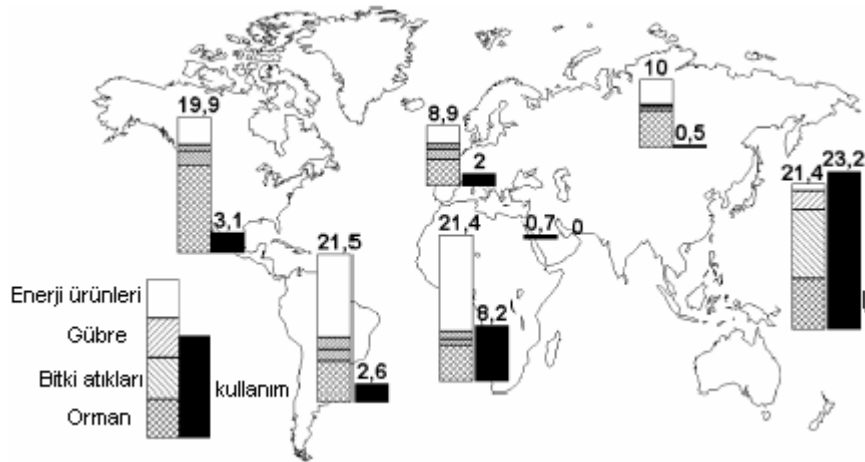
Biyokütle enerjisini modern ve klasik anlamda olmak üzere iki grupta ele almak mümkündür. Birincisi; konvansiyonel

ormanlardan elde edilen yakacak odun ve yine yakacak olarak kullanılan bitki ve hayvan atıklarından oluşur. İkincisi, yani modern biyokütle enerjisi; enerji ormancılığı ve orman-ağaç endüstrisi atıkları, tarım kesimindeki bitkisel atıklar, kentsel atıklar, tarıma dayalı endüstri atıkları olarak sıralanabilir. Bu materyaller biyokütle yakıt teknikleri ile işlenerek katı, sıvı ve gaz yakıtlara çevrilir [7].

Biyokütle elektrik ve diğer enerji şekillerinin üretiminde kullanılan, yenilenebilir önemli bir kaynaktır. Biyokütle güneş enerjisinin depolandığı organik madde olarak tekrar enerjiye dönüştürülebilir. Tarımsal bitkiler ve atıkları, endüstriyel odun ve tomruk atıkları, çiftlik hayvan atıkları ve yöresel organik madde atıkları biyokütle kaynaklarıdır. Biyo- yakacak teknolojileri

biyokütledeki enerjiyi ulaşım, ısınma ve elektrik üretiminde etkin olarak kullanmaktadır. Günümüzdeki ısı tesislerinde odun atıkları, tarımsal/çiftlik atıkları ve besin maddesi üretimi işlemlerinde oluşan atıklar (Örneğin sert meyve kabukları, zeytin çekirdeği v.b.) ve çöp yığınlarında oluşan metan gazı kullanılmaktadır [8].

Dünya enerji tüketiminin sadece %14'lük bir kısmının biyokütleden sağlandığı, ancak bu oranın gelişmekte olan ülkelerde %43'lere ulaştığı bilinmektedir. Bu yüzyılın ortalarında dünya nüfusunun %90'nın gelişmekte olan ülkelerde yaşadığı varsayılırsa, yenilenebilir enerji kaynakları içerisinde biyokütle enerjisi önemli bir yer işgal edecektir [9,10,11]. Dünyadaki biyokütle dağılımı ve potansiyeli Şekil 1'de gösterilmiştir [12].



Şekil 1. Dünyada biyokütle kullanımı ve potansiyeli

Dünyadaki konvansiyonel ve biyokütle enerji miktarları ile biyokütlenin toplam

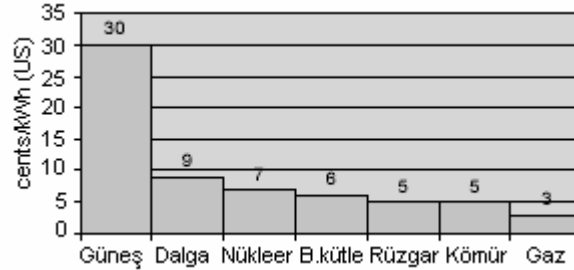
enerji içerisindeki payı Çizelge 1'de verilmiştir [13,14].

Çizelge 1. Dünyadaki biyokütle enerji miktarları (Mtoe-Milyon ton petrol eşdeğeri)

Bölge	1995				2020			
	Biyokütle	Konvans. enerji	Toplam	Biyokütle payı (%)	Biyokütle	Konvans. enerji	Toplam	Biyokütle payı (%)
Çin	206	649	855	24	224	1524	1748	13
Doğu Asya	106	316	422	25	118	813	931	13
Güney Asya	235	188	423	56	276	523	799	35
Latin Amerika	73	342	416	18	81	706	787	10
Afrika	205	136	341	60	371	260	631	59
Top. Gelişmekte olan ülkeler	825	1632	2456	34	1071	3825	4896	22
Top. OECD olmayan ülkeler	849	2669	3518	24	1097	5494	6591	17
OECD ülkeleri	81	3044	3125	3	96	3872	3968	2
Dünya	930	5713	6643	14	1193	9365	10558	11

Teknolojik gelişmelerin yeniliği ve klasik kaynaklarla ekonomik rekabet güçlükler, hidrolik enerji dışında yer alan ve “Yeni ve Yenilenebilir” denilen alternatif kaynakların enerji bütçelerinde arzulan düzeylerde yer almasını önlemiştir. Buna

rağmen birçok ülkede jeotermal, güneş, rüzgar, modern biyokütle gibi kaynakların kullanımını hızlı bir gelişme göstermektedir. Enerji kaynaklarından elektrik üretimine ait veriler (2000 yılına ait) Şekil 2’de sunulmuştur [12].



Şekil 2. Elektrik üretiminin tipik maliyeti

Verilerden de görüldüğü gibi biyokütle, diğer yenilenebilir enerji kaynakları

### 3. AVRUPA’DA BİYOKÜTLE

Avrupa Birliği Komisyonu bir ortaklık stratejisi için Avrupa Birliği’nde toplam enerji tüketimi içerisinde yenilenebilir enerjinin payını 2010 yılına kadar %6’dan %12 ye çıkarmak amacıyla bir çalışma programı içeren hareket planı oluşturmuştur [15].

Biyokütle enerji Almanya’nın temel enerji ihtiyacının sadece %0.8’ini karşılamaktadır. Araştırmalar Almanya’nın enerji ihtiyacını %5-10’u arasında bir gereksinimi karşılayabilecek biyokütle potansiyeline sahip olduğunu göstermektedir. Biyokütlenin yenilenebilir enerji kaynakları içindeki payı %50’dir. Avusturya, toplam enerji tüketiminin çeyreğini (%23) yenilenebilir kaynaklardan karşılamaktadır. Bu kaynakların %19.9’unu biyokütle oluşturmaktadır. Belçika’da yenilenebilir enerji kaynaklarının toplam enerji tüketimindeki payı %1’dir. Danimarka’da toplam yenilenebilir enerji ürünlerinin en az %28’i odundur. Finlandiya son 20 yıldır biyokütle enerji kullanımını ikiye katlamış ve enerjinin %25’ini bu yolla üretmeye doğru gitmektedir. Şuanda Avrupa Birliği’nde en büyük yenilenebilir enerji kaynağı kullanıcısı ve elektriğinin

içerisinde rüzgar enerjisinden sonra en ucuza mal edilebilecek bir enerjidir.

%17’sini biyokütleden üreten bir ülke olarak en büyük paya sahiptir. Finlandiya hükümeti 2010 yılına kadar yenilenebilir enerji kaynağı kullanımını %50’ye çıkarmayı hedeflemektedir. Hollanda’da kullanılan yenilenebilir enerji kaynaklarının (%2) hemen hemen tamamını (%95) biyokütle oluşturmaktadır. İngiltere’nin toplam enerji üretiminin yalnızca %2.8’i yenilenebilir enerjiden oluşmaktadır. Bunun da %82’si biyokütledir. İrlanda’da yenilenebilir enerji, toplam enerji ihtiyacına %2’den daha az katkıda bulunmaktadır. İspanya’nın toplam enerji tüketimi içerisindeki yenilenebilir enerji kaynağının payı %6’dır. Yenilenebilir enerji kaynağı içinde biyokütlenin payı yaklaşık %16’dır. İsveç enerji piyasasının %16’sını biyokütle oluşturmaktadır. Bu enerji başlıca odun yakıtlarından (kütükler, ağaç kabuğu ve enerji ormanı), kağıt fabrikalarından çıkan atık çözeltiler, saman, enerji bitkileri ve atıklarından oluşmaktadır. İtalya’da toplam enerji tüketimi içerisinde yenilenebilir enerjinin payı %16’dır. Bunun %5’i biyokütledir. Yunanistan’da yenilenebilir enerjinin toplam enerjiye olan katkısı %9’dur [15].

Gelişmiş ülkelerde biyokütlenin toplam tüketiminin artmaya devam ettiği gözlenmektedir.

Biyokütlenin konvansiyonel enerji kullanımından daha az ve nüfus artışından daha düşük bir oranda olmasına rağmen, 1995'de 825 Mtoe (milyon ton petrol eşdeğeri) biyokütle miktarının, 2020 yılında 1071 Mtoe'ye çıkacağı tahmin edilmektedir. Toplam biyokütle enerjinin tüketim artış oranı bağıl olarak düşüktür ve yavaş bir azalma göstermektedir. 1995-2000 yılları arasında %1.2, 2000-2010 yılları arasında %1.1 ve 2010-2020 yılları arasında %1 olarak değişecektir. Aynı periyotlar içerisinde konvansiyonel yakıtların daha hızlı arttığı görülebilir (1995-2000'de %4.3, 2000-2010'da %3.5, 2010-2020'de %3.1). Sonuç olarak biyokütle enerjinin toplam tüketimdeki payı 1995'de %34'den 2020 yılında %22'ye düşecektir [13].

Biyokütlenin ilkel tekniklerle, yüksek kirletici emisyonu ile yakılan biyokütlenin Avrupa'da her yıl 100 000 kişinin ölümüne neden olduğu hesaplanmaktadır [16,17].

Avrupa Birliği Komisyonu, Avrupa Birliği ülkeleri için sera gazı emisyonlarını azaltma ve fosil yakıt rezervlerini koruma hedeflerini 1997 yılında yayınladığı "Renewable Energy White Paper" isimli bildirisinde belirtmiştir. Avrupa'daki ülkeler yenilenebilir enerji alanlarında ve özellikle enerji için biyokütle kullanımlarında çok farklı seviyelerdedirler. Biyoenerji pazarında Avrupa ülkelerinin gelecekteki gelişmeleri için birçok fırsatı vardır. Her ülke gücünün artışı etkileyen veya gelişmesini engelleyen faktörleri görmektedir. Bu faktörleri aşabilmek için her ülke kendi ulusal politikalarını oluşturmakla birlikte diğer üye ülkeler ile ortak projeler

geliştirmektedirler. Bu projeler Avrupa Birliği tarafından da desteklenmektedir.

#### 4. TÜRKİYE'DE BİYOKÜTLE

Türkiye'nin toplam enerji tüketimi, son 30 yılda, yıllık ortalama %9.6 artmıştır. Türkiye'nin toplam ithal enerji kaynakları içerisindeki enerji üretimi 1973'te %64'ün altına, 1990'da %48'in altına ve 1999'da %38'e düşmüştür. Bu azalma öncelikle petrol ihracatındaki artıştan kaynaklanmaktadır. Bugün Türkiye petrolünün %90'nından fazlasını ithal etmektedir. Bu trende göre, ithalat ve tüketim gösteriyor ki, Türkiye gelecek 20 yıl içerisinde petrolün %99'unu ithal eder duruma gelecektir. Türkiye'nin elektrik üretiminin 1999'da %31.8 (37 TWh) kömürden, %31.2'si (36.4 TWh) doğal gazdan, %6,9 (TWh) petrolden, %30.1 (35.04 TWh) yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilmiştir. Ortalama olarak 1999'da kişi başına elektrik tüketimi yaklaşık olarak 1769 kWh idi (bu değere, ulaşım, ev, ısıtma ve soğutma dahildir) [18].

Tarım ve Enerji Bakanlığı'nın bulgularına göre, ilkel enerji ihtiyacı 2000 yılında 91.030 ktoe (kilo ton petrol eşdeğeri) olduğu ve 2020 yılında da 314.353 ktoe olacağı tahmin edilmektedir. Bu trend çizgisine göre 2023 yılında ilkel enerji tüketimi 367.870 ktoe'ye, 2025 yılında ise 407.106 ktoe'ye ulaşacaktır. Bakanlık üretim tahminlerine göre, ilkel enerji üretiminin 2000 yılında 31.091 ktoe olduğu ve 2020'de 79.399 ktoe, 2023'te 91.488 ktoe, 2025'te 95.946 ktoe'ye ulaşacağı belirtilmektedir. İlkel enerji kaynakları ile ilgili bulgular Çizelge 2'de sunulmuştur [19].

**Çizelge 2.** Türkiye'nin 2000-2025 arasındaki enerji üretimi ve tüketimi hedefi (ktoe)

Enerji kaynakları	2000		2005		2010		2015		2020		2025	
	Üretim	Tüketim	Üretim	Tüketim	Üretim	Tüketim	Üretim	Tüketim	Üretim	Tüketim	Üretim	Tüketim
Kömür	17.202	20.256	21.259	30.474	28.522	50.311	31.820	83.258	39.385	129.106	45.944	296.997
Petrol ve doğ. gaz	3408	59.250	2127	73.256	1735	92.637	1516	112.993	1604	136.365	1455	179.765
Merkezi ısıt.	253	253	495	495	884	884	1336	1336	2018	2018	2748	2748
Hidroelektrik	3763	3763	5845	5845	7520	7520	8873	8873	9454	9454	10.445	10.445
Odun ve atık	6963	6963	6760	6760	6446	6446	6029	6029	5681	5681	5393	5393
Jeotermal	432	432	1380	1380	3760	3760	4860	4860	4860	4860	5400	5400

Nükleer	0.0	0.0	0.0	0.0	3657	3657	9143	9143	18.286	18.286	29.200	29.200
Güneş	204	204	459	459	907	907	1508	1508	2294	2294	3248	3248
Rüzgar	55	55	250	250	620	620	980	980	1440	1440	2134	2134

Fosil yakıtlar bittiğinde, Türkiye enerji kıtlığı ve önemli enerji fiyat artışlarıyla karşı karşıya kalacaktır. Bundan dolayı, Türkiye'nin sürdürülebilir ekonomik gelişimi için yenilenebilir enerji kaynaklarının ve teknolojisinin kullanımı ve gelişimi hayati bir önem taşımaktadır. 1 TWh (860 milyon kcal/yıl)'lık elektrik ihtiyacını ağaç-biyokütleden karşılamak

için, yaklaşık 66 600 ha ormana ihtiyaç vardır. Gelişmiş ülkelerde çeşitli biyokütle kaynaklarının kullanımı (odun, bitki atıkları ve gübre) kişi başına yaklaşık olarak 630 kg ile 1000 kg arasında değişmektedir [18]. Türkiye'de mevcut ve planlanmış biyokütle enerji üretimi (ktoe) Çizelge 3'te verilmiştir [13,20].

**Çizelge 3.** Mevcut ve planlanmış biyokütle enerji üretimi (ktoe)

Yıl	Klasik biyokütle	Modern biyokütle	Toplam
1999	7012	5	7017
2000	6965	17	6982
2005	6494	766	7260
2010	5754	1660	7414
2015	4790	2530	7320
2020	4000	3520	7520
2025	3345	4465	7810
2030	3310	4895	8205
TOPLAM	34.658	17.853	52.511

Türkiye'nin biyoenerji potansiyeli 1998'de 196.7 TWh (16.92 Mtoe)'dır. Ayrıca, 55.9 TWh (4.81 Mtoe) bitki atıklarından, 50 TWh (43 Mtoe) orman ve ağaç işleme Enerji tüketimi 1999'daki yaklaşık 52 Mtoe'dur. 2005 yılında 90.79 Mtoe, 2010 yılında 120.32 Mtoe'ye ve 2020 yılında 214.13 Mtoe'ye çıkacağı tahmin edilmektedir [21]. Türkiye'nin 1999'da dışa bağımlılığı %62'dir. Yenilenebilir enerji kaynakları ve enerjinin verimi artırılmadıkça ve fosile dayalı enerji tüketildikçe, 2020 yılında ülkenin ithal enerjiye olan bağımlılığı %76'lara çıkacaktır [22,23].

Yenilenebilir enerji kaynaklarının bu ifadeleri göstermektedir ki, bu kaynaklar gelecekte Türkiye'nin enerji kaynaklarının yaklaşık %90'nı oluşturacak ve 2010 yılında ki tüketiminde %35'ni oluşturacaktır [18].

Biyokütle enerji dünya enerji tüketiminin yaklaşık %14'ünü oluşturmaktadır. Biyokütle enerji birçok gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde ana enerji kaynağıdır. 1999'da biyokütle enerji,

atıklarından, 48.3 TWh (41.6 Mtoe) yakacak odundan, 27.3 TWh (23.5 Mtoe) hayvan atıklarından, 15.1 TWh (3 Mtoe) kentsel atıklardan elde edilmiştir [13,18]. Türkiye'nin toplam enerji tüketiminin %10'unu karşılamaktaydı.

Yenilenebilir enerji kaynakları arasında, biyokütle en ilginçlerinden biri olarak görülmektedir. Çünkü Türkiye'nin toplam enerji tüketimindeki biyokütlenin payı yüksektir (%10). Biyokütlenin toplam üretimdeki payı %26'dır. Biyokütle enerjinin kullanılabilir enerjiye dönüştürme teknikleri karmaşık bir yapıda değildir.

Türkiye'nin ithal edilen enerji maliyetleri 1973'den bu yana çeşitli artışlar göstermektedir. 1999 verilerine göre bu oran %65 idi. İthal edilen enerjiler sadece ham petrolden değil aynı zamanda doğal gaz (1990'da 12.077 milyon m<sup>3</sup>) ve piyasa şartlarına bağlı olarak kömür de (1999'da 9.2 Mton) sağlanıyordu.

Son birkaç yıl içerisinde endüstriyel sektörde artma olurken (toplamın %27.5'i), evsel sektörde azalma (toplamın %23.9'u) olmaktadır. Bu veriler Türkiye'nin

sanayileşmekte olduğunu gösteren veriler olarak değerlendirilmektedir. Elektrik enerjisi tüketiminin oranı 1999 yılında %2.9 idi. Bu değer 1999 yılında %5.9'a yükselmiştir. Biyokütle enerji tüketiminin oranı (yakacak odun, hayvan ve tarımsal atıklar) 1999'da %9.4'dür. 1990-1999 yılları arasında Türkiye'nin ilkel enerji tüketimi (ktoe) Çizelge 4'te sunulmuştur [13,20].

Türkiye'nin kültürel yetiştiriciliğe ve gıda üretimi dışında fotosentezle kazanılabilecek enerjiye bağlı olarak biyokütle enerji brüt potansiyeli teorik olarak 135-150 Mtoe/yıl olarak

hesaplanmakla birlikte, kayıplar düşüldükten sonra net değer 90 Mtoe/yıl olacağı varsayılmaktadır. Ancak ülkenin tüm yetiştiricilik alanlarının yıl boyu yalnızca biyokütle yakıt üretim amacıyla kullanılması olanaklı değildir. Olabilecek en üst düzeydeki yetiştiriciliğe göre teknik potansiyel 40 Mtoe/yıl düzeyinde bulunmaktadır. Ekonomik sınırlamalarla 25 Mtoe/yıl değeri, Türkiye'nin ekonomik biyokütle enerji potansiyeli olarak alınabilir. 2004 yılı üretimi odun 14,393,000 ton, bitki atığı ise 5,278,000 tondur.

Çizelge 4. 1997-2004 yılları arasında Türkiye'nin ilkel enerji tüketimi

Enerji Kaynağı	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
Taşkömürü (bin ton)	2.513	2.156	1.990	2.392	2.494	2.319	2.059	1.946
Linyit (bin ton)	57.387	65.204	65.019	60.854	59.572	51.660	46.168	43.709
Asfatit (bin ton)	29	23	29	22	31	5	336	722
Petrol (bin ton)	3.457	3.224	2.940	2.749	2.551	2.420	2.375	2.276
Doğalgaz (milyon m <sup>3</sup> )	253	565	731	639	312	378	561	708
Hidrolik (GWh)	39.816	42.229	34.678	30.879	24.010	33.684	35.330	46.084
Jeotermal Elektrik (GWh)	83	85	81	76	90	105	89	93
Jeotermal Isı (ktoe)	531	582	618	648	687	730	784	811
Güneş (ktoe)	179	210	236	262	287	318	350	375
Rüzgar (GWh)	-	6	21	33	62	48	61	58
Odun (bin ton)	18.374	18.374	17.642	16.938	16.263	15.614	14.991	14.393
Hayvan ve Bitki artıkları (bin ton)	6.575	6.396	6.184	5.981	5.790	5.609	5.439	5.278
Toplam (ktoe)	28.209	29.324	27.659	26.047	24.576	24.259	23.783	24.332

Selçuk üniversitesindeki araştırmalar da, Konya'nın tek başına endüstriyel belediye atıklarının yıllık olarak 180 ve 250 ktoe

arasında olduğu hesaplanmıştır (Yaklaşık yıllık 160x10<sup>6</sup> m<sup>3</sup> biyogaza karşılık gelir) [13].

## 5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Türkiye'nin enerji yapısı gözden geçirildikten sonra, biyokütleden bir enerji kaynağı olarak optimum şekilde faydalanılması için tedbirler alınmalıdır. Ülkemizde tüketilen ana enerji kaynakları analiz edildiğinde, toplam tüketime %13 katkısı olan yakacak odunun en çok kullanılacak materyal olduğu görülmektedir. Bunu %8'lik bir oranla hayvan atıkları ve %1'lik bir oranla da tarım ürünü atıkları takip etmektedir. Alternatif enerji kaynakları içerisinde biyokütle, petrol ve petrol türevleri yerine

alternatif yakıt olarak kullanılabilmesinden dolayı ön plana çıkmaktadır.

Türkiye enerji ithal eden bir ülkedir. İhtiyacı olan enerjinin yarıdan fazlasını finansal problemlerde neden olabilecek ithalattan karşılamaktadır. Ülkemizin bugünkü ekonomik problemlerinden dolayı, Türkiye enerji politikalarını enerji kaynaklarının güvencesi üzerinde yoğunlaştırmalıdır. Bu güvenceler; güvenilirlik, verimli tüketim, zamanlama, ekonomiklik ve yenilenebilirliktir.

Özellikle üniversitelerin bu alandaki araştırma ve geliştirme çalışmaları devlet ve özel sektör tarafından desteklenmelidir. Özel ve Kamu kurumları ile

üniversitelerarası işbirliği geliştirilmeli, gelişmiş üniversitelerdeki veriler, bilgiler ve deneyimler gelişmekte olan üniversitelere de aktarılmalıdır. Böylece her ilin kendi imkanlarıyla biyokütle enerjisi üreterek ülke ekonomisine katkıda bulunması sağlanmalı ve ülkemizin dışa bağımlılıktan kurtulması amaçlanmalıdır. Bu bağlamda;

-Hukuki düzenlemeler gözden geçirilmeli ve mali alanlarda iç pazar desteklenmelidir.

-Avrupa Birliği'ne girme aşamasına gelmiş olan ülkemiz, üye ülkelerle işbirliğini güçlendirmek için girişimlerde bulunmalıdır.

-Yenilenebilir enerji alanındaki yatırımları kolaylaştırmak için düşük faizli krediler verilmeli ve geri ödeme süresi uzatılmalıdır.

-Yenilenebilir enerji konusundaki ortaklık politikaları ülke içi ve ülke dışında güçlendirilmelidir.

## 6. KAYNAKLAR

- [1] Vogel, C., "Coals role in electrical power generation: Will it remain competitive the proceedings of the technical conference on coal utilization and feul systems", Coal and slury technology association, 13-24, (1999).
- [2] www.foreigntrade.gov.tr
- [3] Enerji raporu, Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi, Ankara, (1999).
- [4] Angın, D., Şensöz, S., "Aspir (Carthamustinctorius L.) tohumu pres küspesinden sentetik sıvı yakıt eldesi ve sıvı ürün (katran) karakterizasyonu", V. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu, 449-457, İstanbul, (2004).
- [5] "Sera etkisi ve küresel ısınma", www.cevreorman.gov.tr
- [6] Akbal H.A., Çakar, Ö. ve arkadaşları, "Onopordum acanthium L.'un statik ortam pirolizi", V. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu, İstanbul, 475-483, (2004).
- [7] Akkaya, A.V., Akkaya, E. K., Dağdaş, A., "Yenilenebilir enerji kaynaklarının çevresel açıdan incelenmesi", IV. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu, İstanbul, 37-44, İstanbul, 2002.
- [8] Saraçoğlu, N., "Türkiye'nin enerji üretiminde biyokütle kaynaklarından yararlanma olanakları", V. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu, İstanbul, 485-497, (2004).
- [9] Enerji raporu, Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi, Ankara,(1998).
- [10] Jones, M.R., "Biomass for energy (General)", Biomass handbook. O. Kinati, C. W. Hall, K. Wagener, S. Tsuru, T. Suzuki, S. Sudo(Eds.) Gordon & Breach Publishers, Amsterdam, 97-107, (1989).
- [11] Ateş, F., "Biyokütlenin sabit yatak pirolizine katalizörün etkisi", V. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu, İstanbul, 467-474, (2004).
- [12] Gross, R., Leach, M., Bauen, A., "Progress in renewable energy, Enviroment international, 29, 105-122, (2003).
- [13] Kaygusuz K, Turker, MF, "Biomass energy potential in Turkey", Renewable Energy, 26, 661-678, (2002).
- [14] D'Apote SL., "IEA biomass energy analysis and projections",In: Conference Proceedings of Biomass Energy Data, Analysis and Trends, OECD,(1998).
- [15] Başçetinçelik, A., Karaca, C., Öztürk, H.H., "Bazı Avrupa Birliği ülkelerinde biyokütle politikaları", V. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu, 439-448, İstanbul, (2004).
- [16] Drought mitigation plan in İran İslamic Republic, www.reliefweb.int
- [17] Duygu, E., "Türkiye, sürdürülebilir kalkınma ve sosyoekonomik, eko-ekolojik enerji kaynağı, biyokütle", V. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu, İstanbul, 429-438, (2004).
- [18] Evrendilek, F., Ertekin, C., "Assesing the potential of renewable energy sources in Turkey", Renewable Energy, 2303-2315, (2003).
- [19] Kaygusuz K., Sustainable development of hydropower and biomass energy in Turkey, Energy conversion & Management, 1099-1120, (2002).
- [20] Enerji raporu, Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi, Ankara , (2000).
- [21] International energy agency (IEA), Energy policies of IEA countries, Turkey 2001 review, Head of publications Service, Paris, OECD, (2001).
- [22] Evrendilek, F., Doygun, H., "Assesing major ecosystem types and the challenge of sustainability in Turkey", Environ Manage", 479-489, (2000).
- [23] Trainer F.E., "Can renewable energy sources sustain affluent society? Energy Policy, 1009-1026, (1995).