

BİYOKÜTLE VE ATIKLARIN KÜRESEL ENERJİ DENGESİNDEKİ ROLÜNÜN İNCELENMESİ

Nazif Hülâgü SOHTAOĞLU ⁽¹⁾

Duygu PAPUR ⁽²⁾

İ.T.Ü. Elektrik-Elektronik Fakültesi, Elektrik Mühendisliği Bölümü, Maslak 34469 İSTANBUL

⁽¹⁾ E-posta: nazif@elk.itu.edu.tr , sohtaoglu@gmail.com

⁽²⁾ E-posta: duygupapur@gmail.com

Özet: Bu çalışmada, biyokütle ve atıkların toplam birincil enerji arzı ile toplam yenilenebilir enerji arzında üstlendikleri rollerde kaydedilen gelişmeler bölgeler ve ülkeler ayrımında incelenmiş, gözlenen eğilimler diğer yenilenebilir enerji kaynakları ile karşılaştırmalı olarak sosyo-ekonomik gelişmişlik ekseninde irdelenmiştir. Geçtiğimiz otuz beş yıllık sürece ilişkin veriler ile günümüzdeki enerji piyasası eğilimleri kapsamlı olarak dikkate alındığında, biyokütle ve atıkların küresel toplam birincil enerji arzı ile toplam nihai enerji tüketimindeki payında anlamlı değişiklikler kaydedilemediği, buna karşın gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler ayrımında birincil biyokütle ve atık arzının farklı anlamlar kazandığı, işlevler yüklendiği saptanmaktadır. Ticari nitelik taşımayan biyokütle ve atık arzının yoğun bağımlılık nedeniyle, küresel toplam yenilenebilir enerji arzının dörtte üçünden fazlası OECD yapısı dışında kalan gelişmekte olan ülkeler tarafından üstlenilmekte, anılan arzın çok büyük bölümü evsel kaygılarla veya hizmetler sektöründe doğrudan yakılarak tüketilirken, gelişmiş ekonomilerin belirgin ağırlığının bulunduğu OECD yapısında ise elektrik ve ısı üretimi ile biyoyakıt olarak çevrim sektörlerinde dolaylı yollardan kullanılmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Biyokütle ve atık arzı; Toplam yenilenebilir enerji arzı; Toplam birincil enerji arzı; OECD ülkeleri; Gelişmiş ekonomiler; OECD dışında kalan ülkeler; Gelişmekte olan ekonomiler.

1. Giriş

Ülkelerin kurumsal yapılarına bağlı olarak, sosyal, ekonomik, çevresel vb. boyutlarda sürdürülebilirlik sağlanmaya çalışılırken, aslında yaşam kalitesinin kesintisiz şekilde yükseltilmesi hedeflenmektedir. Sürdürülebilir büyümenin, sosyal, ekonomik, çevresel ve kurumsal olarak sıralanabilecek dört temel boyutunun karşılıklı ilişkileri, birbirlerini tamamlayıcı olabildiği gibi, aralarında çatışmalar ortaya çıktığında akılcı, etkin ve sürdürülebilir dengelerin kurulmasını zorunlu kılmaktadır. Enerji, sürdürülebilirlik kapsamında özel önem taşıyan temel unsurlar arasından öne çıkmakta, sürdürülebilirlik kavramının birincil ve ikincil sayılabilecek tüm boyutlarını doğrudan ve/veya dolaylı yollardan etkileyebilmektedir. Dolayısıyla, küresel, bölgesel ve/veya ulusal ölçeklerdeki enerji stratejileri ile politikaları, sürdürülebilir büyümenin ekonomik, sosyal, çevresel ve kurumsal boyutları arasında sağlıklı dengelerin kurulmasını gerektirmektedir.

Enerji, sürdürülebilir büyüme ile gelişmeye yönelik temel dinamiklerin arasından öne çıkmakla birlikte, yoksulluğun azaltılması, temiz su, önleyici ve yeterli sağlık hizmetleri, eğitim sistemi, istihdam yapısı, iletişim ve ulaşım altyapısı vb. diğer birçok unsurun bir arada bulunmasını da gerekli kılmaktadır. Her şeye karşın, ucuz ve her zaman ulaşılabilir niteliklere sahip enerji arzı, diğer yaşam alanlarındaki sorunların çözümüne doğrudan ve/veya dolaylı yollardan önemli katkılarda bulunabilmektedir.

Uluslararası enerji arzında ve ticaretinde yaşanabilen olumsuzluklar, fosil yakıt fiyatlarında kaydedilen ani ve aşırı değişimler, yenilenebilir enerjiye olan ilgiyi güçlendirmekte, enerji arz güvenliğinin artırılması, enerji bağımlılığının azaltılması, enerji kaynak çeşitliliğinin sağlanması, enerji üretim ve tüketiminin yol açtığı çevre sorunlarının hafifletilmesi vb. diğer etmenlerin de katkılarıyla, yenilenebilir enerji kaynaklarının küresel toplam enerji arzındaki ve küresel toplam elektrik üretimindeki paylarının, dolayısıyla yüklendikleri işlevlerin giderek büyümesi arzu edilmektedir. Son yıllarda, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının yaygınlaştırılmasına, toplam birincil enerji arzı ile elektrik enerjisi üretimindeki payının yükseltilmesine yönelik çabaların giderek arttığı, yenilenebilir enerji kaynaklarına yapılan yatırımların, özellikle elektrik ve ısı üretimi ile biyoyakıtlar üzerinde yoğunlaştığı gözlenmektedir.

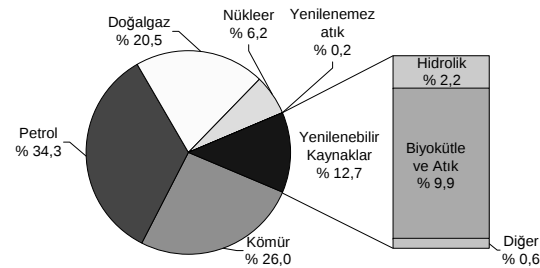
Geleneksel katı biyokütle hariç tutulduğunda küresel toplam birincil enerji arzında, hidrolik hariç tutulduğunda ise küresel toplam elektrik üretiminde yenilenebilir kaynakların mevcut payları, yapılan tüm girişimlere karşın, oldukça düşük düzeylerde bulunmaktadır. Gelecek yirmi ile otuz yılı kapsayan enerji talep tahminleri irdelendiğinde [1,2,3], biyokütlenin geleneksel tüketim sürecinin benzer eğilimlerle devam edeceği ve toplam yenilenebilir birincil enerji arzındaki en önemli bileşen olma konumunun değişmeyeceği anlaşılmaktadır.

Kömür, petrol ve doğalgaz gibi fosil tabanlı yakıtların yerine kolaylıkla kullanılabilme olanağı sunması nedeniyle özellikle katı biyokütle, diğer yenilenebilir kaynaklardan ayrılmaktadır. Küresel toplam birincil biyokütle arzının çok büyük bölümü, Afrika, Asya ve Latin Amerika'daki gelişmekte olan ülkelerde, enerji yoksulu ve yoksunu toplum kesimlerince gündelik temel yaşam gereksinimlerinin karşılanabilmesi amacıyla doğrudan yakılarak tüketilirken, ancak çok küçük bir bölümü elektrik ve/veya ısı üretiminde ya da yakıt girdisi olarak çağdaş sanai üretim süreçlerinde dolaylı yollarla kullanılabilir.

2. Birincil Enerji Arzındaki Gelişmeler

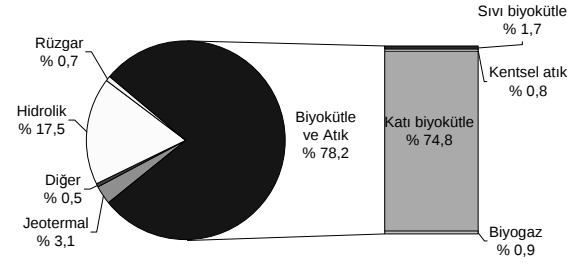
1971 yılında 5.533 Mtoe olan küresel toplam birincil enerji arzı, 2006 yılında 11.740 Mtoe'ye yükselmiştir. 1971 ile 2006 yıllarını kapsayan otuz beş yıllık süreçte [4-11], küresel toplam birincil enerji arzı iki katına çıkmış, ağırlıklı olarak gelişmiş ekonomilerin yer aldığı OECD yapısındaki toplam artış yüzde 60 düzeylerinde sınırlı kalırken, OECD dışında kalan ülkelerin toplam birincil enerji arzı ise yaklaşık üç kat büyümüştür. Küresel toplam birincil enerji arzında kaydedilen gelişmeler, bölgelere ve birincil enerji kaynaklarına göre, 1971, 1990 ve 2006 yılları için özetlenerek, Tablo 1'de sunulmuştur. Çalışma kapsamında göz önüne alınan süreçte, bölgelerin küresel toplam birincil enerji arzındaki paylarında ve kaynakların küresel, bölgesel ve ulusal düzeylerdeki toplam birincil enerji arzında üstlendikleri rollerde önemli değişiklikler dikkati çekmektedir.

2006 yılında 11.740 Mtoe olan küresel toplam birincil enerji arzının yüzde 12,7'sine karşılık gelen 1.493 Mtoe yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilmiştir. Diğer birincil kaynakların küresel toplam birincil enerji arzındaki payları ise, petrol yüzde 34,3, kömür yüzde 26,0, doğalgaz yüzde 20,5 ve nükleer yüzde 6,2 düzeyinde oluşmuştur. Çalışmada göz önüne alınan ve 1971 ile 2006 yıllarını kapsayan otuz beş yıllık süreç irdelendiğinde [4-11], yenilenebilir kaynakların küresel toplam birincil enerji arzındaki payında kayda değer bir gelişme sağlanamadığı, aksine hafif bir gerilemenin varlığı saptanmaktadır. Birincil enerji kaynaklarının küresel toplam birincil enerji arzındaki payları, 2006 yılı için Şekil 1'de gösterilmiştir.



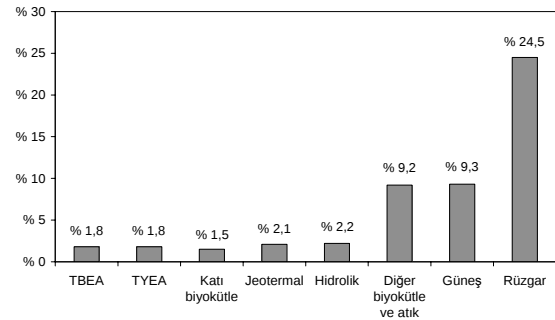
Şekil 1. Kaynakların küresel toplam birincil enerji arzındaki payları.

Yenilenebilir enerji kaynaklarının tümü birlikte dikkate alındığında, küresel toplam birincil enerji arzına en büyük katkırı sağlayan bileşenin biyokütle ve atıklar olduğu görülmektedir. 2006 yılı verilerine göre, bileşenlerin küresel toplam yenilenebilir enerji arzındaki payları, Şekil 2'de verilmiştir. 2006 yılında küresel toplam birincil enerji arzı 11.740 Mtoe olurken, toplam biyokütle ve atık arzı 1.185 Mtoe düzeyinde gerçekleşmiştir. OECD ülkelerinin küresel toplam biyokütle ve atık arzına katkısı 210,5 Mtoe, OECD dışındaki ülkelerin ise 974,5 Mtoe'dir.



Şekil 2. Kaynakların küresel toplam yenilenebilir enerji arzındaki payları.

Ticari nitelik taşımayan katı biyokütlenin özellikle gelişmekte olan ülkelerdeki yaygın kullanımı nedeniyle, küresel toplam birincil enerji arzının (TBEA) yüzde 9,5 ve küresel toplam yenilenebilir enerji arzının (TYEA) ise yüzde 74,8'lik bölümü yalnızca katı biyokütleye dayalıdır. İkinci en büyük yenilenebilir enerji kaynağı olan hidroliğin küresel TBEA'daki payı yüzde 2,2 ve küresel TYEA'daki payı yüzde 17,5 olurken, üçüncü büyük bileşen konumundaki jeotermal enerjinin küresel TBEA'daki payı yüzde 0,4 ve küresel TYEA'daki payı yüzde 3,1'dir. Rüzgar, güneş ve diğer yenilenebilir enerji kaynakları, küresel TBEA'da yüzde 0,2 ve küresel TYEA'da yüzde 1,2 düzeyindeki katkılarıyla hala marjinal konumda kalmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının, 1990 ile 2006 yıllarını kapsayan süreçte kaydettikleri ortalama yıllık büyüme oranları, karşılaştırmalı halde, Şekil 3'te sunulmuştur.



Şekil 3. Küresel toplam yenilenebilir enerji arzında gerçekleşen ortalama yıllık büyüme oranları.

Başta rüzgar, güneş ve katı olmayan biyokütle (yenilenebilir kentsel atık, biyogaz ve sıvı biyokütle) alanında sağlanan güçlü büyüme eğilimlerine karşın,

1990 yılından günümüze kadar gelişen süreçte, küresel toplam birincil enerji arzı ile küresel toplam yenilenebilir enerji arzındaki ortalama yıllık büyüme oranları benzer düzeylerde gerçekleşmiştir. Küresel toplam yenilenebilir enerji arzına en büyük katkıyı sağlayan katı biyokütle, yenilenebilir kaynaklar

arasındaki en düşük büyüme oranına sahip bileşen durumundadır. Küresel katı biyokütle üretiminin çok önemli bölümünün OECD dışındaki ekonomilerde gerçekleşmesine karşın, OECD ülkeleri ile OECD dışında kalan ülkelerde gözlenen büyüme eğilimleri halen benzerlikler taşımaktadır.

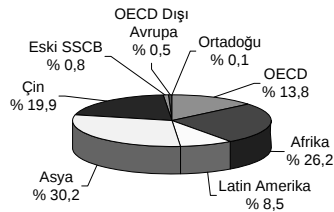
Tablo 1. Bölgelerin toplam birincil enerji arzındaki gelişmeler ve enerji kaynaklarının üstlendikleri roller.

1971 yılı verileri ile Bölgeler	TBEA (Mtoe)	Kömür (Mtoe)	Petrol (Mtoe)	Doğalgaz (Mtoe)	Nükleer (Mtoe)	Hidrolik (Mtoe)	Biyokütle (Mtoe)	Diğer Yek (Mtoe)
Afrika	194,01	36,07	35,43	2,45	-	1,93	117,80	0,00
Asya (Çin hariç)	323,98	58,79	74,53	4,81	0,34	4,60	180,93	0,00
Çin (Hong Kong dahil)	395,19	192,01	43,18	3,13	-	2,58	154,29	0,00
Eski SSCB	790,83	306,16	276,07	176,60	1,59	10,84	20,15	0,00
Latin Amerika	202,67	6,47	108,40	18,47	-	6,29	63,03	0,00
OECD Dışı Avrupa	86,16	24,87	32,28	23,63	-	1,98	3,66	0,00
Ortadoğu	53,16	0,24	41,01	11,07	-	0,32	0,52	0,00
OECD Dışı Ülkeler Toplamı	2.046,00	624,59	610,91	240,16	1,93	28,53	540,38	0,00
OECD Avrupa	1.255,66	436,10	653,07	92,81	13,26	27,83	29,31	2,66
OECD Kuzey Amerika	1.777,87	296,76	825,47	556,87	11,68	37,87	48,71	0,50
OECD Pasifik	345,05	84,52	239,12	5,21	2,08	9,48	3,56	1,08
OECD Ülkeleri Toplamı	3.378,59	817,38	1.717,66	654,89	27,02	75,17	81,58	4,24
Uluslararası Deniz Taşımacılığı	107,98	-	107,96	-	-	-	-	-
Küresel Toplam	5.532,57	1.442,00	2.436,53	895,05	28,95	103,71	621,96	4,24
1990 yılı verileri ile Bölgeler	TBEA (Mtoe)	Kömür (Mtoe)	Petrol (Mtoe)	Doğalgaz (Mtoe)	Nükleer (Mtoe)	Hidrolik (Mtoe)	Biyokütle (Mtoe)	Diğer Yek (Mtoe)
Afrika	392,69	74,11	90,11	30,89	2,20	4,84	190,43	0,28
Asya (Çin hariç)	724,83	162,69	205,66	58,45	10,24	12,76	269,35	5,65
Çin (Hong Kong dahil)	873,92	534,04	115,68	12,80	-	10,90	200,46	0,03
Eski SSCB	1.417,75	323,97	442,70	563,93	55,66	20,00	14,50	0,02
Latin Amerika	346,27	17,11	158,65	53,69	2,48	31,30	82,35	0,69
OECD Dışı Avrupa	140,32	40,83	46,48	40,36	5,03	3,09	3,05	0,00
Ortadoğu	228,47	3,11	150,02	73,03	-	1,03	0,92	0,42
OECD Dışı Ülkeler Toplamı	4.124,26	1.155,86	1.209,30	833,15	75,61	83,92	761,06	7,10
OECD Avrupa	1.624,27	438,14	625,71	257,98	203,96	38,13	53,32	5,01
OECD Kuzey Amerika	2.258,78	486,11	929,37	516,08	179,55	51,03	77,79	18,83
OECD Pasifik	638,73	138,86	341,10	65,56	66,50	11,45	10,21	5,05
OECD Ülkeleri Toplamı	4.521,78	1.063,12	1.896,18	839,63	450,01	100,61	141,32	28,88
Uluslararası Deniz Taşımacılığı	112,77	-	112,77	-	-	-	-	-
Küresel Toplam	8.758,81	2.218,97	3.218,24	1.672,78	525,61	184,53	902,38	35,99
2006 yılı verileri ile Bölgeler	TBEA (Mtoe)	Kömür (Mtoe)	Petrol (Mtoe)	Doğalgaz (Mtoe)	Nükleer (Mtoe)	Hidrolik (Mtoe)	Biyokütle (Mtoe)	Diğer Yek (Mtoe)
Afrika	614,26	102,58	131,57	77,22	3,07	8,24	290,64	0,94
Asya (Çin hariç)	1.329,59	352,67	401,97	186,16	15,84	20,72	336,60	15,54
Çin (Hong Kong dahil)	1.896,94	1.214,00	352,16	49,76	14,29	37,48	225,55	3,74
Eski SSCB	1.017,26	182,65	198,63	526,49	67,62	21,04	12,75	0,43
Latin Amerika	530,62	21,91	236,84	105,93	5,59	56,23	101,38	2,40
OECD Dışı Avrupa	108,19	31,99	34,43	23,14	8,01	4,79	6,31	0,11
Ortadoğu	522,73	9,08	280,68	228,87	-	2,02	1,19	0,83
OECD Dışı Ülkeler Toplamı	6.019,58	1.914,89	1.636,29	1.197,57	114,41	150,51	974,42	23,99
OECD Avrupa	1.885,48	330,55	696,37	448,10	255,10	41,30	94,39	17,84
OECD Kuzey Amerika	2.767,87	587,24	1.133,19	629,30	241,07	58,28	100,52	18,41
OECD Pasifik	884,08	220,86	379,86	132,85	117,84	11,04	15,58	6,02
OECD Ülkeleri Toplamı	5.537,42	1.138,65	2.209,42	1.210,25	614,00	110,62	210,49	42,26
Uluslararası Deniz Taşımacılığı	182,96	-	182,96	-	-	-	-	-
Küresel Toplam	11.739,96	3.053,54	4.028,67	2.407,82	728,42	261,14	1.184,91	66,25

Kaynak: [4-11] verileri temel alınarak hazırlanmıştır.

3. Enerji Dengesinde Biyokütlenin Rolü

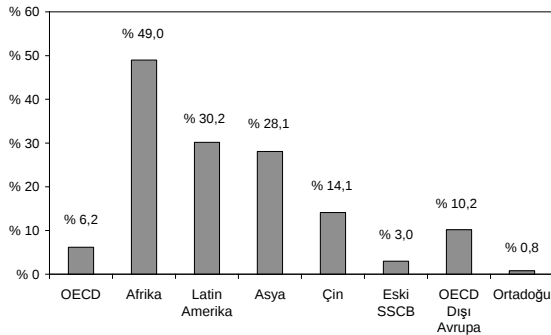
Küresel toplam katı biyokütle arzının yüzde 86,2'si OECD yapısı dışındaki ülkeler tarafından üretilir ve tüketilirken, OECD ülkelerinin payı yalnızca yüzde 13,8 ile sınırlı kalmakta, özellikle Güney Asya ve Orta Afrika'da gündelik yaşam gereksinimleri için evsel niteliklerdeki biyokütle tüketiminin çok yaygın olduğu gözlenmektedir. Bu durum, ekonomik ve sosyal gelişme sürecini sınırlamakta, yavaşlamasına neden olmaktadır. 2006 yılında küresel toplam birincil enerji arzında yüzde 5,2 paya sahip bulunan Afrika'nın, küresel toplam katı biyokütle arzındaki payı yüzde 26,2'ye çıkmaktadır. Benzer şekilde, küresel TBEA'daki payı yüzde 11,3 olan Çin hariç Asya bölgesinin küresel toplam katı biyokütle arzındaki payı yüzde 30,2 düzeyindedir. 2006 yılı itibarıyla bölgelerin küresel toplam katı biyokütle arzındaki payları, Şekil 4'te gösterilmiştir.



Şekil 4. Bölgelerin küresel toplam katı biyokütle arzındaki payları.

Biyokütle ve atıkların toplam birincil enerji arzındaki payları, bölgeler ile nüfusları yirmi milyonu aşan seçilmiş ülkeler için hesaplanarak, TBEA düzeyleri ile birlikte, Tablo 2.1 ve Tablo 2.2'de sunulmuştur.

Küresel toplam nüfusun beşte birinden çok daha azını barındıran OECD ülkelerinin küresel toplam birincil enerji arzındaki payı yüzde 48,5, küresel toplam yenilenebilir enerji arzındaki payı ise, yüzde 23,1'dir. 2006 yılı itibarıyla, yenilenebilir enerji kaynaklarının OECD ülkelerinin toplam birincil enerji arzındaki payı, sadece yüzde 6,2 düzeyinde sınırlı kalmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının toplam birincil enerji arzındaki payı, bölgelere göre karşılaştırmalı halde, Şekil 5'te verilmiştir.

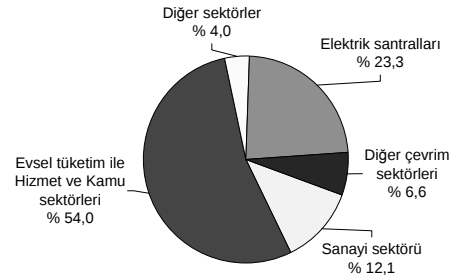


Şekil 5. Bölgelere göre yenilenebilir kaynakların toplam birincil enerji arzındaki payı.

Küresel nüfusun beşte dördünden daha fazlasını barındıran ve OECD yapısı dışında kalan ülkelerde, ticari nitelik taşımayan biyokütlenin çok yaygın tüketimi, bu ülkelerin küresel toplam yenilenebilir enerji arzındaki payının yüzde 76,9'a ulaşmasına yol açmakta, buna koşut olarak OECD dışındaki ülkeleri küresel ölçekteki en önemli yenilenebilir enerji kullanıcıları konumuna getirmektedir.

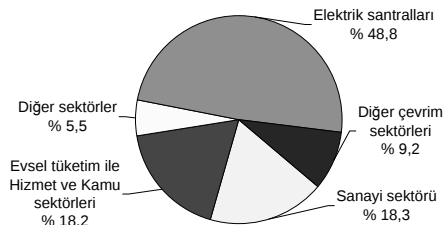
Her türlü ağaç ve bitkiler ile hayvan artıklarından oluşan ürünleri kapsayan biyokütle, katı yakıt, sıvı ve gaz halinde enerji taşıyıcısı olarak kullanılabilen ya da yakılarak ısı enerjisine, elektrik enerjisine çevrilebilmekte, bazı işlemlerle etanol, metan ve biyodizel yakıtlarına dönüştürülerek çağdaş üretim ve tüketim süreçlerine dahil olabilmektedir.

Küresel toplam yenilenebilir birincil enerji arzının yalnızca yüzde 23,3'ü elektrik enerjisi üretimine konu olabilmekte, evsel tüketim ile hizmet ve kamu sektörlerinin payı yüzde 54,0'e ulaşmaktadır. Başka bir deyişle küresel toplam yenilenebilir enerji arzının büyük bölümü, gündelik temel yaşam gereksinimleri için, evsel kaygılarla ve doğrudan yakılarak tüketilmektedir. Küresel toplam yenilenebilir enerji tüketiminde sektörel paylar, Şekil 6'da gösterilmiştir.



Şekil 6. Sektörlerin küresel toplam yenilenebilir enerji tüketimindeki payları.

OECD ülkelerinde ise yenilenebilir birincil enerji arzının yarısından çok daha fazlası çevrim sektöründe kullanılmakta, 2006 yılı itibarıyla elektrik enerjisi üretiminin payı yüzde 48,8'e ulaşırken, evsel nitelikli tüketimin rolünün gerilediği gözlenmektedir. Temel sektörlerin OECD ülkelerinin toplam yenilenebilir enerji tüketimindeki payları, Şekil 7'de verilmiştir.



Şekil 7. Sektörlerin OECD ülkelerinin toplam yenilenebilir enerji tüketimindeki payları.

Tablo 2.1. Bölgeler ile nüfuslarına göre seçilmiş ülkelerin toplam birincil enerji arzında biyokütle ve atıkların payı.

Bölgeler / Ülkeler		1971	1980	1985	1990	1995	2000	2006
Cezayir	Biyokütle ve Atıklar (%)	0,24	0,09	0,07	0,06	0,21	0,26	0,19
	Toplam Birincil Enerji Arzı	3,68	12,17	19,24	23,92	26,05	29,30	36,70
Etiyopya	Biyokütle ve Atıklar (%)	93,61	94,39	94,61	92,79	93,37	93,08	89,95
	Toplam Birincil Enerji Arzı	8,65	10,90	12,50	15,05	16,47	18,72	22,32
Fas	Biyokütle ve Atıklar (%)	4,94	5,07	5,13	4,39	4,51	4,14	3,22
	Toplam Birincil Enerji Arzı	2,55	5,13	5,82	7,21	8,84	10,54	13,98
Gana	Biyokütle ve Atıklar (%)	68,63	70,16	75,13	73,05	72,40	67,37	63,32
	Toplam Birincil Enerji Arzı	3,04	4,06	4,39	5,34	6,53	7,89	9,50
Güney Afrika	Biyokütle ve Atıklar (%)	10,37	9,64	9,55	11,41	10,84	11,36	10,48
	Toplam Birincil Enerji Arzı	45,33	65,42	86,74	91,23	105,48	111,27	129,81
Kenya	Biyokütle ve Atıklar (%)	75,71	74,83	78,04	75,94	77,31	74,77	73,56
	Toplam Birincil Enerji Arzı	5,61	7,91	9,17	11,22	12,79	15,04	17,95
Kongo Dem. Cum.	Biyokütle ve Atıklar (%)	82,18	84,02	83,98	83,97	88,85	92,17	92,39
	Toplam Birincil Enerji Arzı	6,77	8,59	10,09	11,91	13,20	14,76	17,51
Mısır	Biyokütle ve Atıklar (%)	8,31	5,18	3,66	3,31	3,35	2,86	2,33
	Toplam Birincil Enerji Arzı	7,84	15,33	25,76	31,97	35,57	45,75	62,50
Mozambik	Biyokütle ve Atıklar (%)	85,79	87,99	91,75	93,20	92,84	88,87	81,63
	Toplam Birincil Enerji Arzı	6,94	6,75	6,40	5,97	6,30	7,22	8,80
Nijerya	Biyokütle ve Atıklar (%)	93,92	81,31	80,07	79,79	80,47	81,02	79,59
	Toplam Birincil Enerji Arzı	36,15	52,84	61,88	70,90	80,42	89,27	105,07
Sudan	Biyokütle ve Atıklar (%)	79,06	83,49	83,54	81,53	85,87	81,95	77,54
	Toplam Birincil Enerji Arzı	7,14	8,43	9,54	10,66	12,01	13,48	17,71
Tanzanya	Biyokütle ve Atıklar (%)	90,01	89,63	91,29	91,03	89,32	92,63	91,04
	Toplam Birincil Enerji Arzı	7,61	8,07	8,81	9,81	11,09	13,45	20,80
Afrika	Biyokütle ve Atıklar (%)	60,72	52,18	48,32	48,49	48,30	48,59	47,32
	Toplam Birincil Enerji Arzı	194,01	278,62	345,35	392,69	448,74	507,40	614,26
Bangladeş	Biyokütle ve Atıklar (%)	78,08	66,85	61,58	53,50	45,11	40,64	33,72
	Toplam Birincil Enerji Arzı	5,71	8,45	10,02	12,83	16,00	18,71	25,04
Endonezya	Biyokütle ve Atıklar (%)	75,58	54,22	50,73	43,77	36,91	32,97	29,23
	Toplam Birincil Enerji Arzı	36,15	57,50	67,89	102,80	132,06	151,44	179,07
Filipinler	Biyokütle ve Atıklar (%)	41,41	34,36	35,78	29,21	25,96	22,49	26,06
	Toplam Birincil Enerji Arzı	14,61	20,41	21,19	26,16	33,96	42,42	42,97
Hindistan	Biyokütle ve Atıklar (%)	61,00	55,82	48,26	41,72	36,13	32,38	28,26
	Toplam Birincil Enerji Arzı	157,01	208,65	258,33	319,92	387,49	459,78	565,82
Kuzey Kore	Biyokütle ve Atıklar (%)	3,51	2,83	2,55	2,87	4,58	5,08	4,78
	Toplam Birincil Enerji Arzı	19,41	30,36	36,00	33,22	21,98	19,78	21,66
Malezya	Biyokütle ve Atıklar (%)	20,64	12,98	11,27	9,11	5,95	4,93	4,15
	Toplam Birincil Enerji Arzı	6,03	12,38	16,22	23,32	39,51	51,26	68,33
Myanmar	Biyokütle ve Atıklar (%)	80,30	80,28	79,27	84,42	77,32	73,01	72,06
	Toplam Birincil Enerji Arzı	7,91	9,43	11,00	10,69	11,82	12,57	14,29
Nepal	Biyokütle ve Atıklar (%)	98,10	95,83	95,34	93,45	89,45	85,59	86,23
	Toplam Birincil Enerji Arzı	3,66	4,58	5,12	5,81	6,75	8,16	9,41
Pakistan	Biyokütle ve Atıklar (%)	61,01	55,07	49,28	43,22	39,61	37,58	34,90
	Toplam Birincil Enerji Arzı	17,42	25,47	32,86	43,42	54,32	63,95	79,29
Sri Lanka	Biyokütle ve Atıklar (%)	72,10	67,94	71,14	70,98	61,13	52,69	54,32
	Toplam Birincil Enerji Arzı	3,80	4,54	5,00	5,52	5,95	8,08	9,39
Tayland	Biyokütle ve Atıklar (%)	53,84	46,68	40,81	33,44	21,92	19,38	16,65
	Toplam Birincil Enerji Arzı	14,12	22,81	26,28	43,91	64,98	75,02	103,39
Tayvan	Biyokütle ve Atıklar (%)	0,77	0,07	0,04	0,03	0,02	0,02	0,95
	Toplam Birincil Enerji Arzı	10,58	28,52	33,82	47,97	64,75	82,52	107,88
Vietnam	Biyokütle ve Atıklar (%)	63,05	78,29	77,52	77,70	69,68	60,20	46,36
	Toplam Birincil Enerji Arzı	19,79	19,57	21,67	24,32	30,09	37,17	52,29
Asya (Çin Halk Cum. hariç)	Biyokütle ve Atıklar (%)	55,84	47,10	42,35	37,16	31,98	28,75	25,32
	Toplam Birincil Enerji Arzı	323,98	467,58	564,28	724,83	906,16	1.069,29	1.329,59
Çin Halk Cum.	Biyokütle ve Atıklar (%)	39,38	30,06	27,24	23,22	19,62	19,38	12,00
	Toplam Birincil Enerji Arzı	391,71	598,49	692,08	863,24	1.047,98	1.105,89	1.878,74
Çin (Hong Kong dahil)	Biyokütle ve Atıklar (%)	39,04	29,80	26,95	22,94	19,37	19,11	11,89
	Toplam Birincil Enerji Arzı	395,19	603,93	699,70	873,92	1.061,77	1.121,79	1.896,94
Özbekistan	Biyokütle ve Atıklar (%)	..	..	..	0,00	0,00	0,00	0,00
	Toplam Birincil Enerji Arzı	..	..	..	46,37	42,57	50,38	48,45
Rusya	Biyokütle ve Atıklar (%)	..	..	..	1,39	1,36	1,12	1,11
	Toplam Birincil Enerji Arzı	..	..	..	878,90	628,86	614,59	676,20
Ukrayna	Biyokütle ve Atıklar (%)	..	..	..	0,14	0,16	0,20	0,42
	Toplam Birincil Enerji Arzı	..	..	..	253,82	163,97	134,04	137,43
Eski SSCB	Biyokütle ve Atıklar (%)	2,55	1,62	1,59	1,02	1,21	1,19	1,25
	Toplam Birincil Enerji Arzı	790,83	1.133,33	1.273,82	1.417,75	973,23	920,48	1.017,26

Kaynak: [4-11] verileri temel alınarak hazırlanmıştır.

Tablo 2.2. Bölgeler ile nüfuslarına göre seçilmiş ülkelerin toplam birincil enerji arzında biyokütle ve atıkların payı.

Bölgeler / Ülkeler		1971	1980	1985	1990	1995	2000	2006
Arjantin	Biyokütle ve Atıklar (%)	6,72	5,15	4,92	3,74	4,86	4,77	3,70
	Toplam Birincil Enerji Arzı	33,65	41,82	41,34	46,07	54,47	61,92	69,10
Brezilya	Biyokütle ve Atıklar (%)	51,10	35,36	38,98	34,03	29,46	25,06	29,63
	Toplam Birincil Enerji Arzı	69,59	113,97	129,35	139,99	160,87	189,83	224,13
Kolombiya	Biyokütle ve Atıklar (%)	31,47	24,89	23,93	22,30	22,20	16,02	14,89
	Toplam Birincil Enerji Arzı	14,05	19,02	21,40	24,75	29,18	27,42	30,21
Peru	Biyokütle ve Atıklar (%)	37,05	29,69	32,55	26,87	20,63	17,83	17,44
	Toplam Birincil Enerji Arzı	9,30	11,57	10,82	9,95	11,34	12,53	13,55
Venezuela	Biyokütle ve Atıklar (%)	2,09	0,98	1,14	1,22	1,04	0,95	0,87
	Toplam Birincil Enerji Arzı	19,64	35,64	39,71	43,92	51,93	56,73	62,22
Latin Amerika	Biyokütle ve Atıklar (%)	31,10	24,29	26,80	23,78	20,68	17,80	19,11
	Toplam Birincil Enerji Arzı	202,67	293,89	312,11	346,27	397,76	460,15	530,62
Romanya	Biyokütle ve Atıklar (%)	3,29	1,46	1,84	0,96	3,71	7,87	8,13
	Toplam Birincil Enerji Arzı	42,15	65,23	64,94	62,49	46,47	36,31	40,15
OECD Dışı Avrupa	Biyokütle ve Atıklar (%)	4,25	1,66	2,09	2,18	3,68	6,02	5,83
	Toplam Birincil Enerji Arzı	86,16	132,40	141,63	140,32	105,13	94,84	108,19
Irak	Biyokütle ve Atıklar (%)	0,59	0,25	0,13	0,12	0,10	0,10	0,08
	Toplam Birincil Enerji Arzı	4,51	10,89	16,17	19,06	26,41	26,00	32,02
İran	Biyokütle ve Atıklar (%)	1,74	1,46	1,24	0,99	0,76	0,71	0,54
	Toplam Birincil Enerji Arzı	19,08	39,12	54,72	68,83	94,68	118,80	170,89
Suriye	Biyokütle ve Atıklar (%)	0,03	0,09	0,03	0,02	0,03	0,03	0,03
	Toplam Birincil Enerji Arzı	2,71	5,35	8,95	11,68	14,24	17,56	18,92
Suudi Arabistan	Biyokütle ve Atıklar (%)	0,02	0,00	0,01	0,02	0,01	0,00	0,00
	Toplam Birincil Enerji Arzı	7,71	32,75	48,28	61,33	88,87	106,80	146,11
Yemen	Biyokütle ve Atıklar (%)	6,38	4,48	3,63	3,02	2,21	1,58	1,09
	Toplam Birincil Enerji Arzı	0,76	1,34	1,89	2,56	3,51	4,89	7,09
Ortadoğu	Biyokütle ve Atıklar (%)	0,99	0,59	0,48	0,40	0,31	0,29	0,23
	Toplam Birincil Enerji Arzı	53,16	132,69	185,70	228,47	320,13	388,96	522,73
OECD Dışı Ülkeler Toplamı	Biyokütle ve Atıklar (%)	26,41	20,98	19,93	18,45	19,25	19,02	16,19
	Toplam Birincil Enerji Arzı	2.046,00	3.042,45	3.522,59	4.124,26	4.212,90	4.562,91	6.019,58
Almanya	Biyokütle ve Atıklar (%)	0,83	1,21	1,44	1,35	1,57	2,29	4,63
	Toplam Birincil Enerji Arzı	307,60	359,95	360,40	355,65	341,82	343,16	348,56
Fransa	Biyokütle ve Atıklar (%)	5,88	4,46	5,24	5,07	4,96	4,69	4,43
	Toplam Birincil Enerji Arzı	160,11	193,67	205,99	227,60	241,20	258,21	272,67
İngiltere	Biyokütle ve Atıklar (%)	0,00	0,00	0,00	0,30	0,69	0,82	1,68
	Toplam Birincil Enerji Arzı	211,06	201,33	204,00	212,28	223,66	233,86	231,13
İspanya	Biyokütle ve Atıklar (%)	0,03	0,39	0,62	4,46	3,58	3,31	3,58
	Toplam Birincil Enerji Arzı	43,19	68,56	71,83	91,21	102,85	124,66	144,56
İtalya	Biyokütle ve Atıklar (%)	0,20	0,69	0,67	0,64	0,90	1,30	2,62
	Toplam Birincil Enerji Arzı	106,57	132,24	130,77	148,07	161,09	173,28	184,17
Polonya	Biyokütle ve Atıklar (%)	1,45	0,99	1,47	2,23	4,61	4,55	5,48
	Toplam Birincil Enerji Arzı	86,30	123,02	123,31	99,87	99,75	89,39	97,72
Türkiye	Biyokütle ve Atıklar (%)	29,62	24,39	19,67	13,61	11,43	8,47	5,50
	Toplam Birincil Enerji Arzı	19,57	31,48	39,38	52,94	61,81	76,87	94,00
OECD Avrupa	Biyokütle ve Atıklar (%)	2,33	2,37	2,77	3,28	3,72	4,02	5,01
	Toplam Birincil Enerji Arzı	1.255,66	1.505,50	1.545,40	1.624,27	1.682,26	1.775,94	1.885,48
Amerika B.D.	Biyokütle ve Atıklar (%)	2,20	3,01	3,66	3,23	3,38	3,18	3,43
	Toplam Birincil Enerji Arzı	1.592,65	1.811,37	1.781,06	1.926,26	2.086,83	2.302,55	2.320,70
Kanada	Biyokütle ve Atıklar (%)	5,38	3,96	4,38	3,91	4,25	4,59	4,72
	Toplam Birincil Enerji Arzı	141,77	193,05	193,39	209,51	231,68	252,09	269,74
Meksika	Biyokütle ve Atıklar (%)	13,74	7,12	6,52	5,97	5,96	5,29	4,60
	Toplam Birincil Enerji Arzı	43,45	96,54	110,13	123,01	131,34	150,16	177,43
OECD Kuzey Amerika	Biyokütle ve Atıklar (%)	2,74	3,28	3,87	3,44	3,60	3,43	3,63
	Toplam Birincil Enerji Arzı	1.777,87	2.100,97	2.084,58	2.258,78	2.449,84	2.704,81	2.767,87
Avustralya	Biyokütle ve Atıklar (%)	6,82	5,13	5,33	4,52	4,52	4,55	4,07
	Toplam Birincil Enerji Arzı	52,15	70,41	73,90	87,68	94,50	110,55	122,47
Güney Kore	Biyokütle ve Atıklar (%)	0,00	0,00	0,00	0,78	0,66	0,73	1,12
	Toplam Birincil Enerji Arzı	16,97	41,49	54,10	93,37	147,37	189,43	216,50
Japonya	Biyokütle ve Atıklar (%)	0,00	0,00	1,25	1,12	1,03	1,11	1,35
	Toplam Birincil Enerji Arzı	268,81	345,85	364,58	443,92	500,77	526,62	527,56
OECD Pasifik	Biyokütle ve Atıklar (%)	1,03	0,88	1,79	1,60	1,45	1,55	1,76
	Toplam Birincil Enerji Arzı	345,05	466,93	504,00	638,73	758,46	844,69	884,08
OECD Ülkeleri Toplamı	Biyokütle ve Atıklar (%)	2,41	2,67	3,21	3,13	3,31	3,33	3,80
	Toplam Birincil Enerji Arzı	3.378,59	4.073,39	4.133,98	4.521,78	4.890,56	5.325,44	5.537,42
Küresel Toplam	Biyokütle ve Atıklar (%)	11,24	10,34	10,77	10,30	10,54	10,42	10,09
	Toplam Birincil Enerji Arzı	5.532,57	7.223,73	7.748,29	8.758,81	9.230,51	10.035,22	11.739,96

Kaynak: [4-11] verileri temel alınarak hazırlanmıştır.



4. Sonuçlar

Enerji piyasalarının gelecekteki yirmi yılına yönelik gerçekleştirilen tahminlerin tümünde, küresel toplam birincil enerji arzı ile karşılaştırıldığında birincil biyokütle ve atık arzındaki büyümenin yavaşlaması, dolayısıyla toplamdaki payında hafif gerilemeler kaydedilmesi, ancak küresel toplam birincil enerji arzı ile yenilenebilir enerji arzındaki mevcut önemini koruması beklenmektedir. Buna karşın, biyokütle ve atık arzına ilişkin genel niteliklerdeki öngörüler, bunların geleneksel ya da çağdaş hangi yollarla tüketildiği yönünde, bölgeler ile ülkeler ayrımında öne çıkan derin farklılıkları göz ardı edebilmekte ya da gizleyebilmektedir.

Diğer yenilenebilir kaynaklara göre farklı özellikler taşıyan biyokütle, ısı ve/veya elektrik enerjisi ile sıvı yakıta dönüştürülebilmekle birlikte, genellikle gündelik evsel kaygılarla doğrudan yakılarak tüketildiğinden, sağlık, ekonomik verimlilik ve çevre boyutlarındaki dolaysız ve/veya dolaylı olumsuz etkileri nedeniyle, sürdürülebilirlik kavramının sosyal, ekonomik, çevresel ve kurumsal boyutlarına bağlı olarak büyük ölçekli karmaşık sorunlara zemin hazırlayarak, küresel sürdürülebilirlik üzerinde ciddi tehditler yaratmaktadır.

Kaynaklar

- [1] International Energy Agency (IEA), “*World Energy Outlook, 2008 Edition*,” OECD/IEA, Paris, 2008.
- [2] International Energy Agency (IEA), “*Key World Energy Statistics, 2008 Edition*,” OECD/IEA, Paris, 2008.
- [3] Energy Information Administration (EIA), “*International Energy Outlook, 2008 Edition*,” DOE/EIA-0484(2008), Washington, DC, 2008.
- [4] International Energy Agency (IEA), “*Energy Balances of OECD Countries, 2008 Edition*,” OECD/IEA, Paris, 2008.
- [5] International Energy Agency (IEA), “*Energy Balances of Non-OECD Countries, 2008 Edition*,” OECD/IEA, Paris, 2008.
- [6] International Energy Agency (IEA), “*Energy Statistics of OECD Countries, 2008 Edition*,” OECD/IEA, Paris, 2008.
- [7] International Energy Agency (IEA), “*Energy Statistics of Non-OECD Countries, 2008 Edition*,” OECD/IEA, Paris, 2008.
- [8] International Energy Agency (IEA), “*Energy Balances of OECD Countries, 2007 Edition*,” OECD/IEA, Paris, 2007.
- [9] International Energy Agency (IEA), “*Energy Balances of Non-OECD Countries, 2007 Edition*,” OECD/IEA, Paris, 2007.
- [10] International Energy Agency (IEA), “*Energy Statistics of OECD Countries, 2007 Edition*,” OECD/IEA, Paris, 2007.
- [11] International Energy Agency (IEA), “*Energy Statistics of Non-OECD Countries, 2007 Edition*,” OECD/IEA, Paris, 2007.