

**TÜRKİYE’NİN ENERJİ KAYNAKLARI VE ÇEVRE,
SÜRDÜRÜLEBİLİR KALKINMA VE TEMİZ ENERJİ KAYNAKLARI**

Adem AKPINAR^{1,3}, Murat İ. KÖMÜRCÜ², Mustafa H. FİLİZ³

**Karadeniz Teknik Üniversitesi Mühendislik Fakültesi
İnşaat Mühendisliği Bölümü
61080, TRABZON**

aakpinar@ktu.edu.tr ; mkomurcu@ktu.edu.tr

Özet

Günümüzde karşı karşıya bulunduğumuz çevre sorunlarının çözümü ve enerji ihtiyaçlarının sürekli olarak karşılanabilmesi için uzun vadeli ve güvenilir kalkınma planlarının yapılması gerekmektedir. Bu açıdan bakıldığında, temiz ve yenilenebilir enerji kaynakları en etkili ve en verimli çözüm olarak karşımıza çıkmaktadır. Diğer taraftan, Türkiye enerjide dışa bağımlı bir ülke olup, enerji ihtiyacının yarısından fazlasını dışarıdan ithal etmekte ve buda ülke ekonomisi üzerinde olumsuz etki yapmaktadır. Ayrıca ülkenin sahip olduğu fosil kaynakları enerji ihtiyacını karşılayacak düzeyde olmayıp, mevcut linyit kömürlerimizde hem düşük kalorili ve hem de kükürt ve kül içeriği yüksek değerlerdedir. Dolayısıyla Türkiye'nin geleceği için temiz, yerli ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı oldukça önemlidir. Türkiye'nin coğrafi yapısı yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı açısından avantajlı bir konumdadır. Hem çevre kirliliği ve hem de sürdürülebilir bir kalkınma için enerji tüketiminde yenilenebilir enerji kaynaklarının payının hızla artırılması kaçınılmaz bir zarurettir. Bu çalışmada, Türkiye'nin mevcut enerji durumu ve politikaları ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanım potansiyelleri tartışılmıştır. Eldeki mevcut veriler değerlendirildiğinde, Türkiye'nin biyokütle, hidrolik, güneş, rüzgâr ve jeotermal enerji açısından önemli bir potansiyele sahip olduğu anlaşılmaktadır. Yapılması gereken devlet ve özel sektörün işbirliği yaparak bir an önce bu potansiyeli değerlendirmesidir.

Anahtar Kelimeler: Enerji Kaynakları, Çevre, Yenilenebilir Enerji Kaynakları, Türkiye

Abstract

Achieving solutions to environmental problems that we face nowadays requires long-term potential actions for sustainable development. In this regard, renewable energy resources appears to be the one of the most efficient and effective solutions. On the other hand, Turkey which is an importing country imports more half of energy need and this situation has negative impact on the country economy. So utilization from clean, domestic and renewable energy is commonly accepted as the key for future life for Turkey. Turkey's geographical location has several advantages for extensive utilization of most of these

renewable energy sources. Because of this and the fact that it has limited fossil fuel resources, a gradual shift from fossil fuels to renewable energy sources seems to be serious and the sole alternative for Turkey. In this study, it is examined present energy situation and politics and technical / economical potential of renewable energy sources in Turkey. The renewable energy potential of the country and their present utilization are evaluated based on the available data. The present study shows that there is an important potential for renewables in Turkey such as hydraulic, geothermal, solar, wind, and biomass energy.

Keywords: Energy resources, Environment, Renewable energy sources, Turkey

1. GİRİŞ

Artan nüfus, şehirleşme, sanayileşme, teknolojinin yaygınlaşması ve refah artışına paralel olarak enerji tüketimi kaçınılmaz bir şekilde büyümektedir. Buna karşılık enerji tüketiminin mümkün olan en alt düzeyde tutulması, enerjinin en tasarruflu ve verimli bir şekilde kullanılması gerekmektedir. Çünkü enerji sektöründe;

- Enerji kaynaklarının üretim ve temin maliyeti yüksektir. Enerji projeleri, uzun planlama, gelişim ve yatırım süreleri, yüksek finansman ve gelişmiş teknoloji gerektiren yatırımlardır.
- Petrol ve doğal gaz gibi kaliteli fosil yakıt varlığı zaman içinde azalırken, bu kaynakların stratejik önemi yükselecek, bu kaynakların yerini dolduracak yeni enerji kaynakları geliştirilmediği sürece, fiyatları artış eğilimi içine girecektir.
- Enerji kaynakları açısından zengin olmayan ülkemizde, bu alanda halen yüzde 62 düzeyinde bulunan dışa bağımlılık, tüketim gelişirken zaman içinde artacaktır.
- Enerji kaynakları, üretim ve tüketim aşamasında çevreyi olumsuz etkileyen özelliklere sahiptir. Çevresel sorunların giderilmesi ise önemli bir maliyet unsurudur. Küresel kirlenme uluslararası alanda ortak politikalar oluşturulması gereken konulardan biri haline gelmiştir.

Bu nedenlerle, sürdürülebilir bir kalkınma yaklaşımı içinde, ekonomik ve sosyal gelişimi destekleyecek, çevreyi en az düzeyde tahrip edecek, asgari miktar ve maliyette enerji tüketimi ve dolayısıyla arzı hedef alınmak durumundadır [1].

2. TÜRKİYE’NİN ENERJİ İHTİYACI

Türkiye’nin birincil enerji tüketimi ve elektrik enerji tüketimi kalkınmakta olan ve nüfusu hızla artan bir ülke olması nedeniyle hızla artmaktadır. 1970 yılında 14493 Bin TEP olarak gerçekleşen birincil enerji kaynakları üretimi bu değerden yaklaşık iki kat artarak 2006

yılında 26763 Bin TEP değerine ulaşmıştır. Bu artıştaki en önemli pay sahibi, üretimi 6.7 kat artan linyittir. 2006 yılında enerji üretiminin kaynaklar bazında dağılımına bakıldığında en fazla paya (%43) linyitin sahip olduğu görülmektedir (Tablo 1). Yine bu süreçteki Türkiye'nin birincil enerji tüketimi ise 5.2 kat artarak, 18849 Bin TEP değerinden 98138 Bin TEP değerine ulaşmıştır. Tüketimdeki en büyük pay sahipleri ise %33.2'lik payla petrol ve %29.4'lük payla doğal gaz olmuştur.

Geçmiş yıllarda olduğu gibi, 2006 yılında da başta petrol olmak üzere doğal gaz, taş kömürü ve elektrik enerjisi ithalatı yapılmıştır. 2006 yılında enerji talebimizin %73.3'ü ithalat ile karşılanırken ancak %26.7'si yerli üretimle karşılanabilmiştir.

Tablo 1. Türkiye'nin Birincil Enerji Üretimi ve Tüketimi (Bin ton eşdeğer petrol) [2]

	Enerji üretimi			Enerji tüketimi		
	2004	2005	2006	2004	2005	2006
Taş kömürü	1081	1184	1348	12326	12514	14721
Linyit	9141	9648	11545	9450	9326	11188
Asfaltit	310	382	195	310	317	259
Petrol	2390	2395	2284	32922	32192	32551
Doğal gaz	644	816	839	20426	24726	28867
Hidroelektrik	4043	3483	3886*	4043	3483	3886*
Jeotermal	811	926	1081	811	926	1081
Rüzgâr	5	5	11	5	5	11
Güneş	375	385	403	375	385	403
Odun	4318	4146	4023	4318	4146	4023
Bitki-hayvan artığı	1214	1179	1146	1214	1179	1146
Biyoyakıt	0	0	2	0	0	2
Toplam	24332	24549	26763	86200	89199	98138

*:2006 yılı hidrolik ve jeotermal elektrik verileri birlikte verilmiştir.

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı'nca tespit edilmiş olan geleceğe yönelik birincil enerji üretim ve talep tahminleri Tablo 2'de verilmektedir. Tablodan da görülebileceği gibi, 2006 yılında 98.1 milyon TEP olan birincil enerji tüketiminin 2020 yılında 2.3 kat artarak yaklaşık 222.4 milyon TEP değerine yükselmesi beklenmektedir. Diğer taraftan ülkenin fosil kökenli enerji kaynakları oldukça yetersizdir. Bunlardan petrol ve doğal gaz rezervleri son derece kısıtlı, kömür rezervleri miktar olarak fazla olmakla birlikte coğrafi olarak dağınık, düşük kaliteli, yüksek üretim maliyetli ve çevre sorunludur. Hidrolik kaynaklarımız ise yeterince kullanılmadığından Türkiye enerji konusunda dışa bağımlı bir ülke durumundadır.

Tablo 2. Türkiye'nin Birincil Enerji Üretim ve Tüketim Hedefleri (Bin TEP) [2]

	Enerji üretimi			Enerji tüketimi		
	2010	2015	2020	2010	2015	2020
Taş kömürü	5092	5109	4755	17282	26864	48156
Linyit	18001	24190	32044	18001	24190	32044
Asfaltit	301	301	301	301	301	301
Petrol	1573	1069	693	41184	50420	60918
Doğal gaz	235	213	229	37192	44747	51536
Hidroelektrik	4903	7060	9419	4903	7060	9419
Jeotermal (Isı +Elek.)	2080	3166	4914	2080	3166	4914
Rüzgâr	421	571	721	421	571	721
Güneş	495	605	862	495	605	862
Odun	3383	3075	3075	3383	3075	3075
Bitki-hayvan artığı	1034	926	850	1034	926	850
Nükleer	0	8229	8229	0	8229	8229
Toplam	37516	54514	66094	126274	170154	222424

3. TÜRKİYE'NİN BİRİNCİL ENERJİ KAYNAKLARI

Türkiye birincil enerji kaynakları açısından yeterli bir ülke olmamakla birlikte kömür (özellikle linyit) ve hidroelektrik enerji açısından önemli yerli potansiyele sahiptir. Önemli olan bu yerli kaynakların bir an önce verimli ve ekonomik olarak ülke kullanımına daha fazla bir şekilde kazandırılarak giderek artan ithal enerji kaynak oranlarının azaltılmasıdır [3].

3.1. PETROL

Türkiye, dünyanın petrol ve doğal gaz yönünden en zengin ülkeleriyle çevrili olduğu halde, bugüne kadar gerek TPAO'nun gerekse yabancı şirketlerin araştırmalarıyla ihtiyacını karşılamaktan çok uzakta olan miktarlarda petrol kaynaklarını değerlendirebilmiştir. Türkiye'de petrol varlığının ispatlandığı Güneydoğu Anadolu'da yaklaşık üçte ikilik alan henüz aranmamıştır. Denizsel alanlarımızda da yeterli arama faaliyetleri gerçekleştirilememiştir. Yerli kaynakların değerlendirilmesi çerçevesinde, eksik olan Türkiye'nin petrol rezervinin belirlenebilmesi için gerekli aramalar yapılmalı ve gelişen teknoloji paralelinde bu rezerv sürekli artırılmalıdır [4]. Petrol İşleri Genel Müdürlüğü verilerine göre [5], 2006 yılı sonu itibarıyla Türkiye'de 1.176 milyar varil üretilebilir ham

petrol rezervi ve bu üretilebilir petrol rezervinden kümülatif üretimin düşülmesi ile 284.1 milyon varil kalan üretilebilir ham petrol rezervi bulunmaktadır.

Türkiye'nin 2006 yılı ham petrol üretimi yaklaşık 2.18 milyon ton olarak gerçekleşmiştir. Bunun %66.5'ini oluşturan 1.45 milyon ton'unu TPAO gerçekleştirmiştir. Buna göre, yerli üretimin tüketimi (58.9 milyon ton) karşılama yüzdesi %3.7'dir. Diğer bir deyişle, ülkemizin tükettiği petrolün %96.3'ü ithal edilmektedir. Ham petrol ithalatı Rusya, İran, Libya, Suudi Arabistan ve Irak gibi ülkelere yapılmaktadır. Petrolün toplam enerji üretimimiz içindeki payı (2006 yılı) %8.5 iken, buna karşılık toplam enerji tüketimimiz içindeki payı ise %33.2'dir.

3.2. DOĞAL GAZ

Türkiye'de 1970 yılında keşfedilen doğal gaz sahalarından doğal gaz üretimine 1976 yılında başlanmıştır. 1980'li yıllarda başka sahaların bulunmasıyla 1986'da rekor bir üretim gerçekleşmiştir. Türkiye çok zengin doğal gaz yataklarına sahip olmadığından dolayı yapılan üretim de hiçbir zaman Türkiye'nin doğal gaz ihtiyacını karşılayacak düzeyde gerçekleşmemiştir. Başlangıçta üretimin tüketimi karşıladığı görülse de daha sonrasında doğal gaz tüketiminin ciddi bir şekilde arttığı ve üretimin tüketimi karşılamasının imkânsız olduğu bir durumla karşılaşmıştır. Bu durum, enerji ihtiyacını büyük ölçüde doğal gazdan karşılayan Türkiye'nin enerji konusunda tamamen dışa bağımlı kalmasına neden olmaktadır [4].

2007 yılı sonu itibarıyla doğal gaz alımı Rusya Federasyonu'ndan toplam 13.799 milyon cm^3 , yine Rusya Federasyonu'ndan Mavi Akım kapsamında, 9.346 milyon m^3 , Nijerya'dan 1.420 milyon cm^3 , Cezayir'den 4.277 milyon cm^3 , İran'dan 6.158 milyon cm^3 , Azerbaycan'dan 1.279 milyon cm^3 ve spot piyasa'dan LNG olarak 107 milyon cm^3 olmak üzere, toplam 36.450 milyon cm^3 gaz ithal edilmiş olup, doğal gaz satış miktarı 35.064 milyon cm^3 olmuştur. Satışların sektörel dağılımı; elektrik 19.658 milyon cm^3 (%53.9), sanayi 7.836 milyon cm^3 (%21.5), konut 7.570 milyon cm^3 (%20.8), gübre 1.386 milyon cm^3 (%3.8)'dür [6].

Hazar'da bulunan Şahdeniz bölgesinden çıkan doğalgazın Türkiye'ye ulaşması 2007 yılında gerçekleşen önemli bir gelişme olarak kayda geçmiştir. Bakü-Tiflis-Ceyhan Ham Petrol Boru Hattı'na paralel olarak inşa edilen, Bakü-Tiflis-Erzurum Doğalgaz Boru Hattıyla Azeri gazı Türkiye'de kullanıma sunulmuştur. Azeri gazının ulaşmasıyla birlikte Türkiye arz kaynaklarını çeşitlendirerek arz güvenliğini artırmış ve aynı zamanda daha

ucuz olan bu gaz sayesinde ortalama doğalgaz maliyetini düşürmüştür. Azeri gazının Avrupa'ya ihracı için inşa edilen Türkiye-Yunanistan Doğalgaz Boru Hattı da bu yıl içinde işletmeye açılmış ve Türkiye üzerinden Avrupa pazarlarına doğalgaz nakli başlamıştır. Bu hattın ileride İtalya'ya uzatılması planlanmaktadır. Arz güvenliğine ilişkin diğer bir gelişme de Kuzey Marmara'da Türkiye'nin ilk yer altı doğalgaz depolama tesisinin işletmeye alınmasıdır. Bu sayede Türkiye, arz kaynaklarında olabilecek kısa süreli kesintilere karşı ulusal gaz arzının devamlılığını sağlayabilecektir [7].

3.3. KÖMÜR

Türkiye'nin sahip olduğu enerji kaynakları arasında çok önemli bir yeri bulunmaktadır. Türkiye kömür rezervlerinin ülkenin geniş bir coğrafyasına dağılmasına, tüketim merkezlerine yakın olmasına, bağıl olarak düşük üretim maliyetine ve doğal gaza alternatif tek yerli kaynağı olmasına rağmen bu kaynakla ilgili projeler hayata geçirilememiştir. 2006 yılı toplam enerji tüketiminin %26.7'si kömür kaynaklı olup eşdeğer enerji bazında kömürün %50'si ithal edilmiştir.

Linyit tüketiminin %76'sı enerji santrallerinde kullanılmaktadır. 1986'dan günümüze linyit rezervlerinde sadece %3 artış olup taşkömürü ve asfaltit rezervlerinde değişiklik olmamıştır. Son günlerde önemi daha iyi anlaşılan enerjide arz güvenilirliği ve sürekliliği, rezervin %90'ının açık işletme olması, petrol ve doğal gaz fiyatlarındaki beklenmeyen ve öngörülemeyen artışlara karşın ucuz olması, dış etkenlerden fazla etkilenmemesi nedeniyle fiyatının kararlılığı, dışa bağımlılığı azaltması, kömüre dayalı üretim ve dönüşüm teknolojilerinin istihdama katkısı dikkate alınarak arama ve rezerv belirleme çalışmalarının artırılması, linyit rezervlerinin kalorilik değerlerinin düşük, kirlenici madde oranlarının yüksek olması nedeniyle yasal çevre kısıtlarına uyumlu ve verimli bir şekilde üretimi, tüketimi, dönüşümü (elektrik) için gerekli teknolojileri uygulamak için kamu liderliğinde bir politika acilen hayata geçirilmelidir [8]. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı'nın tahminlerine göre, 2020 yılına kadar ülke enerji ihtiyacının karşılanabilmesi için yıllık kömür üretiminin 64 milyon ton'dan 220 milyon ton'a yükselmesi beklenmektedir.

3.4. NÜKLEER ENERJİ

Son yıllarda Türkiye'nin enerji sektöründe en çok tartışılan konulardan biri konumunda olan nükleer enerji; özellikle son yıllarda gittikçe artan elektrik enerjisi talebini karşılamakta sürdürülebilir, temiz, güvenli ve ekonomik bir tercih olmasının yanı sıra

gelişen teknolojilerle birlikte verim, performans ve çevresel yönden yeniden dünya enerji sektörünün gündeminde önemle yerini almıştır [9]. Haziran 2008 itibarıyla dünyada 31 ülkede ticari olarak işletilmekte olan 439 nükleer reaktörün toplam kapasitesi yaklaşık 372 GWe'tir. Nükleer güç dünya elektrik talebinin yaklaşık %16'sını karşılamaktadır [10].

Türkiye'de ise Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı'nın tahminlerine göre ilk nükleer santralin 2012 yılında işletmeye alınması öngörülmektedir. 2020 yılına gelindiğinde nükleer enerjiden elektrik üretim miktarının 31579 GWh (8.229 milyon TEP) seviyesine ulaşacağı ve bu şekilde 2020 yılında 66.094 milyon TEP olarak gerçekleşecek toplam elektrik üretimi içerisinde nükleer enerjinin payı %12.45 olacaktır.

3.5. BİYOKÜTLE ENERJİSİ

Biyokütle enerjisi, uygun bitkilerin yetiştiriciliğine bağlı olduğundan dolayı yenilenebilir, çevre dostu ve yerli kaynak olarak değer kazanan önemli bir enerji kaynağıdır. Biyokütle; fosil olmayan, karbonun enerji içeren formları şeklinde tanımlanabilir. Odun (enerji ormanları, çeşitli ağaçlar), yağlı tohum bitkileri (kolza, ayçiçeği, soya vb.), karbonhidrat bitkileri (patates, buğday, mısır, pancar enginar vb.), elyaf bitkileri (keten, kenaf, kenevir sorgum vb.), protein bitkileri (bezelye, fasulye, buğday vb.), bitkisel artıklar (dal, sap, saman, kök, kabuk vb.), hayvansal atıklar ile kentsel ve endüstriyel atıklar biyokütle enerjisi teknolojileri kapsamında değerlendirilmekte ve mevcut yakıtlara alternatif çok sayıda katı, sıvı ve gaz yakıtlarına ulaşılmaktadır [11, 12].

Türkiye biyokütle materyal üretimi açısından, güneşlenme ve alan kullanılabilirliği, su kaynakları, iklim koşulları gibi özellikleri uygun olan ülkedir. Türkiye'de kültürel yetiştiriciliğe ve gıda üretimi dışında fotosentezle kazanılabilecek enerjiye bağlı olarak biyokütle enerji brüt potansiyeli teorik olarak 135–150 milyon TEP/yıl kadar hesaplanmakla birlikte, kayıplar düşüldükten sonra net değer 90 milyon TEP/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 milyon TEP/yıl düzeyinde bulunmaktadır. Ekonomik sınırlamalarla 25 milyon TEP/yıl değeri, Türkiye'nin ekonomik biyokütle enerji potansiyeli olarak alınabilir [13].

Türkiye sahip olduğu meteorolojik ve coğrafik şartlar nedeniyle tarım ve ormancılık için çok uygun bir ülkedir. Tarımsal alanların, otlak ve ormanlık alanların toplamı Türkiye'nin toplam yüzey alanının %93.6'sını oluşturmaktadır. Ormanların yıllık biyokütle

verimliliğinin 188 milyon ton, tarımsal alanların 180 milyon ton ve otlakların 174 milyon ton olacağı tahmin edilmektedir. Bu yıllık toplam 542 milyon ton kuru biyokütle miktarına tekabül etmektedir [4].

Türkiye'nin biyogaz potansiyeli ise 2.2 - 3.9 milyar m³ civarındadır. Biyogaz üretimi için 1-2 milyon TEP'lik enerji hayvanların gübresinden temin edilmektedir. Toplam biyogaz potansiyelinin yaklaşık %85'i hayvan gübresinden elde edilen gazdan oluşurken geri kalan organik maddelerin ayrışımı sonucu oluşan gazdan ibarettir. Hayvansal gübreden üretilen gazın %50'si koyun, %43'ü sığır ve %7'si kümes hayvanlarının gübresinden elde edilmektedir [14].

Bir tür biyogaz materyali olan çöpün, çöp termik santralleriyle enerji üretiminde kullanılması, özellikle kentsel çöpün ortadan kaldırılmasıyla birlikte iki tür işlevi içermektedir. Türkiye'de son zamanlarda organik atık, biyokütle ve biyogazdan enerji eldesine yönelik kamu ve özel sektör yatırımları artmaya başlamıştır. Öncelikle Büyükşehir belediyeleri çöp atıklarının çözümüne yönelik olarak atık yakma ve enerji üretim tesisleri kurmaya başlamışlardır [15]. Türkiye'de 2007 yılı itibariyle otoprodüktör statüde gerçekleştirilen ve yapımı tamamlanan biyokütle ve atık yakıt kaynaklı kojenerasyon tesisleri; 4 MW gücünde (7 GWh/yıl kapasiteli) Kemer-burgaz (İstanbul) çöp gazı santrali, 5.2 MW gücünde (37 GWh/yıl kapasiteli) Köseköy (İzmit) çöp gazı santrali, 0.8 MW gücünde (6 GWh/yıl kapasiteli) Adana çöp gazı santrali ve 3.2 MW gücünde (22 GWh/yıl kapasiteli) Belka (Ankara) çöp gazı santrali'dir. Serbest üretim şirketleri tarafından yapılan biyokütle ve atık yakıt kaynaklı kojenerasyon tesisleri ise; 1 MW gücünde (8 GWh/yıl kapasiteli) Ekolojik enerji (Kemerburgaz) çöp gazı santrali, 5.7 MW gücünde (45 GWh kapasiteli) ITC-KA Enerji Mamak (Ankara) çöp gazı santrali ve 1.4 MW gücünde (10 GWh/yıl kapasiteli) Aksa çöp gazı santrali'dir. Yani, genel toplamda Türkiye'de 21.3 MW gücünde 134 GWh/yıl 'lık kapasiteye sahip biyokütle enerjisinden elektrik üretimi söz konusudur.

3.6. GÜNEŞ ENERJİSİ

Coğrafi konumu itibariyle güneş kuşağı içerisinde yer alan Türkiye, güneş enerjisi kullanımının uygun olduğu bir ülkedir. Ortalama yıllık toplam güneşlenme süresi 2640 saat (günlük toplam 7.2 saat), ortalama toplam ışınım şiddeti 1311 kWh/m²-yıl (günlük ortalama 3.6 kWh/m²) olduğu tespit edilmiştir. En fazla güneş enerjisi alan bölge Güneydoğu Anadolu olup, bunu Akdeniz Bölgesi izlemektedir [16].

Türkiye’de düşük sıcaklıkta ısı olarak kullanılabilir yıllık güneş enerjisi potansiyeli 36 milyon TEP olup, söz konusu potansiyel, bölgelere göre her türlü uygulamaya uygun bir şekilde dağılmıştır. Ancak günümüz itibarıyla Türkiye’de ticari ölçekte geliştirilmiş tek uygulama alanı, düzlemsel güneş kolektörlerinin kullanıldığı güneşli su ısıtıcılarıdır. 2007 yılında ülkemizde 12 milyon m² güneş kolektörü yüzey alanından elde edilen 420 bin TEP güneş enerjisi, ısı uygulamaları için kullanılmıştır. Elektrik üretiminde güneş enerjisinin kullanımı yalnızca karayollarında, radyolink istasyonlarında, gözetleme kulelerinde olmak üzere toplam 1 MW’a ulaşmıştır. Oysa Türkiye’de düşük sıcaklık uygulamaları için gerekli hava ve sıvı soğutmalı düz toplayıcıların her çeşidi ile pasif ve aktif ısınma sistemlerini yapabilecek teknoloji ve bilgi birikimi mevcuttur. Bu birikimin değerlendirilmesi ile güneş enerjisinden yararlanma olanakları artırılabilir [16, 17].

3.7. RÜZGAR ENERJİSİ

Elektrik İşleri Etüt İdaresi (EİEİ) ile Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü (DMİ) tarafından rüzgar enerji sektörünün alt yapısını oluşturmak ve sektörün kısa, orta, uzun erimlerde etkili ve verimli yönde gelişimini sağlamak amacıyla Türkiye’nin rüzgar potansiyelinin belirlenmesi ve buna göre yatırım çalışmalarında yol gösterici olması nedeniyle “Rüzgar Atlası” çalışması bitirilerek Haziran 2002’de yayınlanmıştır. Rüzgar enerjisi açısından Bandırma, Antakya, Kumköy, Mardin, Sinop, Gökçeada, Çorlu ve Çanakkale zengin bölgeler olarak tespit edilmiştir. Ayrıca Bandırma, Bozcaada, Çeşme, Gökçeada, Çanakkale, Karadeniz Ereğlisi, Florya ve Siverek gibi bölgelerde yöresel potansiyel belirleme çalışmaları da yapılmıştır [15].

Türkiye Rüzgâr Atlası’na göre, Türkiye’nin teknik rüzgâr enerjisi potansiyeli 88000 MW, ekonomik rüzgâr enerjisi potansiyeli ise 10000 MW’dır. Ege kıyıları, Marmara ve Doğu Akdeniz Bölgeleri rüzgârdan güç üretimi için çok elverişli alanlardır. Son yıllarda, rüzgâr enerjisine olan ilgi, rüzgâr güç santrallerinde özel sektör yatırımları sayesinde fazlasıyla artmıştır [18]. Şu anda, Çanakkale’de ve İzmir’de üçer adet, İstanbul’da iki adet, Manisa ve Balıkesir’de birer adet olmak üzere toplam on santralin toplam kurulu rüzgâr güç kapasitesi 146.25 MW değerindedir [19]. Türkiye, teorik olarak yıllık 160 TWh’lık rüzgâr potansiyeline sahiptir. Bu potansiyel ile Avrupa’daki teknik rüzgâr enerji potansiyelinin en yüksek payını bünyesinde barındırmaktadır [20]. İşletmedeki bu santrallerin dışında rüzgâr enerjisi üretmek maksatlı pek çok proje bulunmaktadır. Toplam 1876.46 MW’lık 53 proje için lisans alınmış, 5561.15 MW’lık 117 adet başvuru ise Enerji Piyasası Değerlendirme

Kurulu (EPDK)'nda değerlendirme aşamasındadır. Rüzgâr enerjisinde beklenen patlama görülmesi de yeni yatırımlar dikkat çekmektedir.

3.8. JEOTERMAL ENERJİ

Türkiye, jeotermal enerji potansiyeli açısından dünyadaki zengin ülkeler arasında yer almaktadır. Türkiye'de toplam 1000 dolayında sıcak ve mineralli su kaynağı bulunmaktadır. Bilinen jeotermal alanların %95'i ısıtmaya ve kaplıca kullanımına uygundur. Türkiye'de az sayıda da olsa yüksek entalpili jeotermal alanlar da keşfedilmiştir [21]. Ancak, ülkemizde jeotermale dayalı elektrik üretimi düşük seviyede kalmıştır. Günümüzde 20.4 MWe brüt kurulu güce sahip Denizli-Kızıldere santrali ve Aydın Salavatlı'da 167 °C ile yaklaşık 10 MWe Binary Cycle santrali işletilmektedir. 48 MWe kapasiteli Germencik Jeotermal Elektrik Santrali yatırımının çalışmaları devam etmektedir. Kızıldere Jeotermal Santralinin atığı olan 140 °C 'lik jeotermal sudan 6.85 MWe kapasiteli jeotermal santral kurulmaktadır. Bunların yanında, Çanakkale-Tuzla jeotermal santrali ile 10 MWe kapasiteli Simav Jeotermal Elektrik Üretim Santrali proje aşamasındadır.

Dünyada jeotermal zenginliği ile yedinci sırada yer alan Türkiye, jeotermal potansiyeli ile toplam elektrik enerjisi ihtiyacının % 5'ine kadar, ısıtmada ısı enerjisi ihtiyacının %30'una kadar karşılayabilecek potansiyele sahiptir. Ancak bunların ağırlık ortalaması alındığında Türkiye enerji (elektrik + ısı enerjisi) ihtiyacının %14'ünü karşılamaya taliptir.

Türkiye'nin toplam jeotermal potansiyelinin (2000 MWe, 31500 MWt) elektrik üretimi, şehir ısıtma, soğutma, sera ısıtma, termal tesis ısıtma, kaplıca kullanımı, kimyasal maddeler üretimi, sanayide kullanım vb uygulamalarda tam değerlendirilmesi ile sağlanacak hedef yıllık net yurtiçi katma değer 25 milyar dolar civarındadır.

1995 yılında, jeotermal ısı ve kaplıca uygulamalarında dünyada 11. sırada yer alan Türkiye, 2000 yılında 5. sıraya yükselmiş ve 2005 yılında beşinciliğini sürdürmüştür. Haziran 2007 itibariyle, jeotermal kaynak potansiyelinin ancak %7'sini değerlendirebilmiştir [22].

3.9. HİDROLİK ENERJİ

2007 yılı Şubat sonu itibariyle Türkiye'nin ekonomik hidroelektrik enerji potansiyeli 129.5 milyar kWh/yıl'dır. Bu potansiyelin yaklaşık %36'sı işletmede, %11'i inşa halinde ve geri kalan %53'ü ise çeşitli proje seviyelerinden oluşmaktadır [23]. 2007 yılı itibariyle 142 adet

işletmedeki hidroelektrik santrallerin kurulu kapasitesi 12788 MW ve yıllık ortalama enerji üretim kapasitesi 45.9 TWh değerine ulaşmıştır. Böylece, teknik ve ekonomik olarak yararlanılabilir hidroelektrik potansiyelin yalnızca %35.4'ü geliştirilmiştir. Toplam potansiyelin %9'una tekabül eden 41 adet inşa halindeki hidroelektrik santrallerin toplam kurulu kapasitesi 4397 MW, yıllık üretim kapasitesi 14351 GWh'dır [24]. Gelecekte inşa edilmesi planlanan 69173 GWh potansiyelli 589 adet hidroelektrik santralin 13 tanesinin kesin projesi hazır, 176 tanesinin fizibilite raporu hazır, 99 adetinin master planı hazır ve 301 adetinin ön inceleme raporu hazırdır (Tablo 3).

Tablo 3. Türkiye'nin hidroelektrik enerji potansiyelinin Şubat 2006 itibariyle tasarım seviyesine göre dağılımı [23]

Hidroelektrik santral projelerinin durumu	Proje sayısı	Kurulu kapasite (MW)	Toplam yıllık hidroelektrik enerji üretimi				
			Güvenilir enerji (GWh)	Toplam enerji (GWh)	Oran (%)	Kümülatif enerji (GWh)	Oran (%)
İşletmede	142	12788	33560	45930	35.5	45930	35.5
Yapım aşamasında	41	4397	8817	14351	11.1	60281	46.6
Planlanmış	589	19359	37335	69173	53.4		
Kesin projesi hazır	13	2356	4630	6919	5.3	67200	51.8
Fizibilite raporu hazır	176	7269	13239	26415	20.4	93615	72.3
Master planı hazır	99	5260	10773	18280	14.1	111895	86.4
Ön inceleme raporu hazır	301	4474	8693	17559	13.6	129454	100.0
Toplam potansiyel	772	36544	79712	129454	100.0	129454	100.0

3.10. DENİZ KÖKENLİ YENİLENEBİLİR ENERJİLER

Deniz kökenli yenilenebilir enerjiler; deniz dalga enerjisi, deniz sıcaklık gradyan enerjisi, deniz akıntıları enerjisi (boğazlarda) ve gel-git (med-cezir) enerjisidir. Türkiye'de gel-git enerjisi olanağı yoktur. Türkiye için söz konusu enerji grubu içerisinde deniz dalga enerjisi ve boğazlarda deniz akıntıları enerjisinden yararlanma olanağı vardır. Türkiye kıyılarının beşte birinden yararlanılarak sağlanabilecek dalga enerjisi teknik potansiyeli 9000 MW güç ve 18 TWh/yıl enerji düzeyindedir [25].

4. SONUÇ

Bu çalışmadan çıkarılan sonuçlar ve öneriler şu şekilde özetlenebilir:

- Türkiye'nin enerji konusunda acil önceliklerinin birbirinden bağımsız olarak değil, bir programın alt başlıkları olarak ele alınması gereklidir. İthal enerji kaynaklarına olan bağımlılık azaltılmalı, yerli ve yenilenebilir enerji kaynakları uygun, verimli ve gelişmiş teknolojiler kullanılarak üretime sokulmalıdır.

- Enerji sektörüne yönelik politikaların uzun vadeli, ve planlamaya dayalı olması gereklidir. Doğalgaza bağımlı enerji politikalarından bir an önce vazgeçilerek yerli ve yenilenebilir enerji kaynaklarımıza yatırımlar yapılmalı ve arz kaynaklarının çeşitlendirilmesi sağlanmalıdır.
- En önemli yerli kaynak olan hidrolik enerjiden yararlanma düzeyinin yeterli olmadığı ülkemizde, ulusal enerji politika ve stratejileri oluşturularak, sektörün yerli kaynaklar üretimi ve tüketimi doğrultusunda yönlendirilmesi gerekmektedir. Hidroelektrik enerji, yerli ve yenilenebilir bir kaynak olarak stratejik özelliği ile enerji alanındaki bağımlılığı azaltacaktır. Mevcut su potansiyelinin en etkin ve en hızlı şekilde kullanılabilir hale getirilmesi için politikalar geliştirilmeli; mevcut hidrolik santraller, tam kapasitede çalıştırılmalı ve yapım sürecinde gerekli kaynaklar aktarılarak hızla sonuçlandırılması sağlanmalıdır.
- Doğal gaz bağımlı enerji politikalarından bir an önce vazgeçilerek yenilenebilir enerji kaynaklarından güneş, rüzgar ve jeotermal enerji kaynaklarının şu an yeterince değerlendirilemeyen ve ülke ihtiyacının büyük bir bölümünü karşılayacak mevcut potansiyelleri, verimli bir şekilde değerlendirilmeli; diğer yenilenebilir enerji kaynaklarının toplam enerji tüketimi içindeki payını artırıcı önlemler alınmalıdır.

5. KAYNAKLAR

1. DPT (Devlet Planlama Teşkilatı). (2000). Uzun Vadeli Strateji ve Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı 2001–2005. 27 Haziran. 254 sayfa. Ankara. Türkiye.
2. <http://www.enerji.gov.tr/istatistik.asp>
3. Akpınar, A., Kömürcü, M.İ., Kankal, M., Özölçer, İ.H., Kaygusuz, K., (2008). Energy Situation and renewables in Turkey and environmental effects of energy use. Renewable & Sustainable Energy Reviews. Vol:12. pp:2013-2039.
4. Akpınar, A., (2007). Türkiye, Avrupa Birliği ve Dünya'nın Toplam Elektrik ve Hidroelektrik Enerji Üretim Projeksiyonu. KTÜ İnşaat Mühendisliği Bölümü. Yüksek Lisans Tezi. Trabzon. Türkiye.
5. <http://www.pigm.gov.tr/istatistikler.php>
6. <http://www.botas.gov.tr/>
7. <http://www.bursagaz.com/Turkiyede-Dogalgaz/278/684/Turkiyede-Dogalgaz.html>
8. http://www.hidromekanik.itu.edu.tr/dersler/MAK_423E/ENKUS_BILDIRI_M_SEN.doc

9. Bayülken, A., (2006). Nükleer çağın Türkiye'deki 50 yılı, WEC-TNC Türkiye Enerji Kongresi, Cilt III, 27-30 Kasım, İstanbul. Türkiye.
10. <http://www.taek.gov.tr/bilgi/sss/durum.html>
11. <http://www.biyomotorin-biodiesel.com/biomoto.html>
12. Aslan, S., Topal, M., Arslan, E.I., (2006). Tüklenen Enerji Kaynaklarına Bir Çözüm: Biyokütle Enerjisi. VI. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu-UTES'2006, 25-27 Mayıs. Isparta. Türkiye.
13. WEC-TNC (Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi). (2003). 2002 Türkiye Enerji Raporu. Ankara. Türkiye.
14. Hepbaşlı, A., Ozgener, O., (2004). Turkey's Renewable Energy Sources: Part 2. Potential and Utilization. Energy Sources. Vol:26. pp:971-982.
15. Eniş, A., (2002). Enerji Politikaları ile Yerli, Yeni ve Yenilenebilir Enerji Kaynakları. TMMOB Makine Mühendisleri Odası Enerji Çalışma Grubu. pp:295-324.
16. <http://www.eie.gov.tr/turkce/gunes/tgunes.html>
17. WEC-TNC (Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi). (2007). 2005-2006 Türkiye Enerji Raporu. Yayın No: 0004/2007. Ankara. Türkiye.
18. OECD/IEA (Organization for Economic Co-operation and Development/International Energy Agency). (2005). Energy Policies of IEA Countries: Turkey 2005 Review. Paris. Fransa.
19. http://www.eie.gov.tr/turkce/ruzgar/Turkiye_RES.html
20. Oğulata, R.T., (2003). Energy Sector and Wind Energy Potential in Turkey. Renewable & Sustainable Energy Reviews. Vol:7. pp:469-484.
21. Akpınar, A., Kömürcü, M.İ., Önsoy, H., Kaygusuz, K., (2008). Status of Geothermal Energy amongst Turkey's Energy Sources. Renewable & Sustainable Energy Reviews. Vol:12. pp:1148-1161.
22. <http://www.jeotermaldernegi.org.tr/>
23. http://www.eie.gov.tr/turkce/HESProje/EIE_HES_PROJE_LISTESI_2006.pdf
24. Kömürcü, M.İ., Akpınar, A., (2008) Hydropower energy versus other energy sources in Turkey. Energy Sources: Part B, Economics, planning, and policy (accepted).
25. TMMOB. (Türk Mühendis ve Mimarlar Odası Birliği). (2006). TMMOB Enerji Raporu 2006. Ankara. Türkiye.