

TÜRKİYE CUMHURİYETİ
BANDIRMA ONYEDİ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK ve DOĞA BİLİMLERİ FAKÜLTESİ

İsa Askerhan KARAKOÇ

Nisan, 2022

Proje Başlığı: Türkiye'nin Enerji Kaynakları ve Potansiyeli

PROJE ÖZETİ

Enerji, ülkelerin ekonomik ve sosyal gelişimlerinin olmazsa olmaz girdisidir. Enerjiye ve ülke yönetimine yön verenler, halkın bu en temel gereksinimini kesintisiz, güvenilir, zamanında, ucuz ve temiz biçimde sağlamak zorundadırlar. Türkiye enerji kaynak potansiyeli açısından zengin bir konumdadır. Yenilenemeyen enerji kaynakları açısından önemli bir potansiyele sahip ülkemiz bu enerjiyi kullanma konusunda yeterli düzeyde değildir ve bu durum tüketimin yarısından fazlasının ithalata bağımlı olması sorununu beraberinde getirmektedir. Yenilenebilir enerji konusunda da çok çeşitli potansiyelleri elinde bulunduran Türkiye yenilenebilir enerji konusundaki politikalar doğrultusunda fazlaca yatırım gerçekleştirmiş ancak beklenen dinamizmi hala yakalayamamıştır. Bu çerçevede çalışmada, Türkiye'nin enerji kaynakları ve sorunları birçok yönüyle değerlendirerek, bulunduğu coğrafyada Türkiye'nin geleceğe yönelik enerji politikaları üzerinde durulacaktır.

Anahtar Kelimeler: Kaynak, Enerji, Potansiyel, Jeopolitik

1. AMAÇ VE HEDEFLER

Bu çalışmada amacımız jeopolitik ve stratejik yönden dünyanın en önemli coğrafyalarından birine sahip, enerji kaynakları bakımından büyük potansiyele sahip olan Türkiye'nin enerji kaynak potansiyelini ortaya koyup bunun ile ilgili politikaları ve hedefleri tartışmaktır.

Enerji kaynakları ülkeler açısından hala popülerliğini koruyan ve önemini giderek arttıran kavramlardan bir tanesidir. Modern dünya sisteminde yer alan ülkeler; ekonomik, sosyal, kültürel, siyasi ve askerî açıdan güçlü toplumlar oluşturmak ve kalkınmalarını sürdürmek istiyorlarsa, dünya enerji kaynakları üzerinde söz sahibi olmalıdırlar. Ekonomik yönden kalkınmış devletler özellikle Ortadoğu'da Irak örneğinde olduğu gibi kaynak potansiyele sahip ülkeleri hegemonyaları altına alarak büyük mücadele vermektedirler.

Taş kömürü, petrol, doğalgaz gibi yenilenemeyen kaynaklar açısından yeterli düzeyde olmayan Türkiye güneş, rüzgâr, jeotermal ve biyogaz gibi yenilenebilir enerji kaynakları yönünden sanayi faaliyetlerinde yeterli dinamizmi sağlayamamıştır. Artan nüfus ve teknolojiye bağlı olarak enerji ihtiyacı artmaktadır. Bu nedenle Türkiye bulunduğu coğrafi konum nedeniyle kendi enerji politikalarını belirlemek zorundadır. Ülkemiz bu kaynakları kendi çıkarları açısından değerlendirebilirse daha güçlü kalkınmış bir ekonomiye sahip olabilir. Asya, Avrupa ve Orta Doğu üçgeninde şekillenen enerji politikalarında jeopolitik yönden önemli roller üstlenebilir. Bu konuları göz önünde bulundurarak bu çalışmanın hedefleri;

1. Türkiye'nin enerji kaynakları yönünden potansiyelini vurgulamak.
2. Türkiye'de geçmiş yıllarda uygulanan enerji politikalarını göz önüne alarak bunların doğruluğu ve yeterliliği konusunda bilgi sahibi olmak.
3. Türkiye'nin ileri dönem enerji politikaları ve hedefleri konusunda tartışmaktır.

2. TÜRKİYE'NİN ENERJİ POLİTİKALARI

18.yy'ın ikinci yarısında başlayan sanayi devrimi, insanoğlu ve onun doğa ile ilişkilerini değiştirmekle kalmamış; hızlı makineleşme neticesinde üretim yapısında da köklü değişiklikler meydana getirmiştir. Teknolojik gelişmeye ve sanayileşmeye bağlı olarak enerji, stratejik bir unsur haline gelmiştir. Günümüzde önemli bir tüketim maddesi olma özelliği taşıyan enerji, ülkelerin gelişme düzeylerinin belirlenmesinde kullanılan başlıca göstergeler arasında yer

almaktadır. Ülkelerin tükettikleri enerji miktarı, tüketim alışkanlıkları ile ilgili olarak fikir vermesinin yansıra; üretim yapısı, büyüme hızı, ekonomik, sosyal ve kültürel özellikler üzerinde de belirleyici olmaktadır. Enerji kaynaklarının sınıflandırılması çeşitli kriterlere göre yapılmaktadır. Enerji kaynaklarının yeraltı ve yerüstünde bulunmalarına göre yapılan sınıflandırmaya göre fosil yakıtlar olarak da isimlendirilen yeraltı enerji kaynakları; petrol, doğalgaz, kömür ve şistlerdir. Fosil yakıt olmamakla birlikte uranyum, toryum ve jeotermal enerji kaynakları da bu grup içerisinde yer almaktadır. Bir diğer sınıflandırma birincil (primer) ve birincil kaynakların dönüştürülmesi sonucunda elde edilen ikincil (sekonder) enerji kaynakları şeklinde yapılmaktadır. Bu sınıflandırmaya göre ise; petrol, taşkömürü, linyit, hidrolik, nükleer, jeotermal, doğalgaz, güneş, rüzgar, odun, tezek ve denizden elde edilen enerji (gel-git) birincil; elektrik, kok-briket, havagazı (şehir gazı), biyogaz, sıvılaştırılmış petrol gazı (L.P.G.) ise ikincil enerji kaynakları arasında sayılmaktadır. Günümüzde sıkça kullanılan sınıflandırma şekli enerji kaynaklarının kullanım sonunda tükenebilirlik ya da yenilenebilirlik özellikleri göz önünde bulundurularak yapılan sınıflandırmadır. Buna göre kömür, petrol, doğalgaz ve nükleer yakıtlar yenilenemeyen (tükenen), rüzgar, güneş, su, jeotermal, ve biyokütle ise yenilenebilir (tükenmeyen) enerji kaynaklarıdır.(6) Ekonomik ve sosyal kalkınmanın temel unsurlarından birini oluşturan enerji kaynakları Türkiye içinde önem arz etmektedir. Bir yönden taşkömürü, petrol ve doğalgaz gibi yenilenemeyen enerji kaynaklarının tespit edilen rezervleri açısından yeterli olmayan, güneş, rüzgâr, jeotermal ve biyogaz gibi yenilenebilir enerji kaynakları yönünden ise özellikle bugün sanayi faaliyetlerdeki dinamizmin devamlılığını sağlayacak düzeye ulaşamayan Türkiye’de, artan nüfus ve gelişen teknolojiye bağlı olarak, enerji ihtiyacı giderek büyümekte ve giderek dışa bağımlı bir hâle gelmektedir. Diğer yönden Orta Doğu, Kafkasya ve Orta Asya’nın enerji kaynaklarıyla, bu enerjiyi tüketen Batı arasında doğal, güvenilir ve ucuz bir enerji koridoru oluşturmaktadır. Türkiye, statikdinamik unsurları ve bulunduğu coğrafi konum itibarıyla kendi enerji politikalarını belirlemeye çalışmaktadır. Bu çalışmada, Türkiye’nin birincil enerji kaynakları ve sorunları çok yönlü değerlendirmiş, bulunduğu coğrafyada Türkiye’nin geleceğe yönelik enerji politikalarındaki etkinlik ve olabilirlikleri üzerinde durulmaya çalışılmıştır.

Enerji, ülkelerin ekonomik ve sosyal gelişimlerinin olmazsa olmaz girdisidir. Enerjiye ve ülke yönetimine yön verenler, halkın bu en temel gereksinimini kesintisiz, güvenilir, zamanında, ucuz ve temiz biçimde sağlamak zorundadırlar. Bu gereklilik, konuttaki tüketicimiz için olduğu kadar, sanayicimiz ve esnafımız için de aynen geçerlidir. Küreselleşen dünyada, ülke sanayisinin, nihai ürünün maliyeti içindeki en temel ve en ağırlıklı girdisi olarak enerjinin, kesintisiz, güvenilir kaynaklardan ve ucuz temini olmazsa olmaz bir ön gerekliliktir. Ne var ki, ülkemizin enerji alanında yaşanmakta olan gerçekler, bu temel gereksinimlerle uyum içinde olmak bir yana, taban tabana tezat teşkil eder durumdadır.(1)

Enerji politikaları, Türkiye’de Cumhuriyet öncesi ve sonrası dönem olarak iki aşamada ele alınabilir. Cumhuriyet öncesi dönemde daha çok yerel enerji kaynaklarından yararlanılmıştır. Bu dönemde enerji gübre, odun, tezek ve hayvan gücüne dayanmış, sanayiden çok ısıtma amacıyla konutlarda kullanılmıştır. Çıkarılan fosil yakıtlar ise yabancılar tarafından işletilmiştir. Örneğin, Sanayi Devrimini başlatan ve 19. yüzyılın en önemli enerji kaynağını oluşturan kömürün Zonguldak-Ereğli havzasındaki işletimi 1848 yılında yabancı sermaye ve teknik elemanlar desteğiyle sağlanmıştır. Kömürün yabancılar tarafından işletilmesinin başlıca nedenleri, ülkenin bu dönemde sermaye, teknoloji ve eleman açısından yetersiz olmasıdır. Cumhuriyet döneminde ise gerekli koşullar oluşturulmuş, 1933–1945 döneminde yabancı

şirketlerin elinde bulunan işletmeler devletleştirilmiştir. Maden ve enerji kaynaklarının mevcut potansiyellerini belirlemek ve değerlendirmek amacıyla 1935 yılında MTA, Etibank ve Elektrik İşleri Etüt İdaresi kurulmuştur. Böylelikle dışa bağımlılığı azaltmak ve üretimi arttırmak hedeflenmiştir. Ancak bu politika I. Dünya Savaşı'ndan sonra değişmiştir.(2) Türkiye'de 1950'li yıllarda sosyo-ekonomik yapıda hızlı değişimler yaşanmış, özellikle sanayileşme, şehirleşme ve nüfus artışına bağlı olarak enerjiye duyulan ihtiyaç artmıştır. Bu ihtiyacı karşılamak amacıyla hidrolik ve termik santraller kurulmuştur. Sarıyer, Seyhan, Kemer, Göksu hidrolik santralleri 1956-1959 yılları arasında, Tunçbilek ve Soma termik santralleri de 1956-1957 yılları arasında faaliyete geçmiştir.(3)

Türkiye çok çeşitli enerji kaynağına sahip olmakla birlikte, bu kaynaklar çoğunlukla sınırlıdır. Türkiye'nin enerji kaynaklarından bazıları incelenecek olursa; Bunlardan kömür, Türkiye'nin mevcut enerji kaynakları içinde en büyük paya sahiptir. Ülkenin 2006 yılı toplam 26 milyon ton eşdeğeri enerjisinin yaklaşık % 27'sini taşkömürü ve linyit oluşturmaktadır. Türkiye, dünya enerji piyasası göz önüne alındığında talep ve yatırım gereksinimi ile en dinamik ve hızlı gelişen pazarlardan biridir. Her on yılda bir 2 kat artmakta olan enerji ihtiyacını karşılayabilmek için, 2010 yılına kadar her yıl 2500 MW'lık ilave elektrik kapasitesi yaratılması gerekliliği ortaya çıkmış, 2020'de enerji talebi 47 milyar kWh, üstlenilecek enerji yatırımları ise yaklaşık 24 milyar dolar olarak belirlenmiştir.(4) Türkiye bor yatakları ile bilinen dünya rezervlerinin yaklaşık %70'ine sahiptir. Dünya ham bor gereksiniminin %95'i Türkiye tarafından karşılanmaktadır. Ülkemiz bor tuzlarının yansira linyit, mermer, trona, barit, krom, manyezit gibi madenlerde de önemli sayılabilecek rezervlere sahiptir. Ne var ki; petrol, doğalgaz, taşkömürü ve özellikle enerji hammaddeleri konusunda kendi kendine yetebilmekten uzaktır. Mevcut demir cevherlerinin büyük çoğunluğu düşük tenörlü olması nedeniyle değerlendirilememektedir. Bu durum enerjide dışa bağımlılık sorununu gündeme getirmektedir. Dolayısıyla bir takım riskleri ortadan kaldırmak için enerji sektöründe rekabet şansı elde edilebilecek alanlara yönelmek gerekmektedir. Sektörle ilgili araştırma geliştirme çalışmalarına ağırlık verilerek, uluslararası pazarda sağlam bir yer edinmek hedeflenmelidir. Netice itibarıyla sektörün serbestleştirilmesi, enerji piyasasında rekabet ortamı yaratılarak sektör verimliliğinin artırılması ve şeffaflığının sağlanması, doğunun zengin enerji kaynaklarının batı piyasalarına taşınmasında Türkiye'nin enerji köprüsü işlevini üstlenmesi, enerji talebinin karşılanmasında dışa bağımlılık oranı giderek artan ülkemizde enerji güvenliği için gerekli faaliyetlerin önceliklendirilmesi, enerji kaynaklarının tüketilmesi ve değerlendirilmesinde çevre ile etkileşimin dikkate alınarak sürdürülebilir kalkınma çerçevesinde faaliyet gösterilmesi, çağdaş ülkeler arasında yerimizi alabilmek için enerji teknolojileri çalışmalarının yoğunlaştırılması ülkemizde uygulanması öncelik arzeden enerji politikalarıdır.(5) Türkiye hidrolik ve kömür kaynaklarının zenginliği, temiz ve yenilenebilir enerji, yetişmiş insan gücü, girişimci sanayi yapısı, enerji tasarruf potansiyelinin yüksekliği, yeni enerji teknolojilerinde yararlanılabilecek stratejik kaynakların varlığı (bor, toryum vb.), genç ve dinamik nüfus, modernleşme ve gelişme yönündeki kararlılığı, enerji piyasasının liberalleşmesi, enerji kaynaklarının çeşitliliği, yeşil alana dönüştürülebilecek arazi, elektro-mekanik sanayi, yabancı yatırım potansiyeli gibi enerji kaynakları ve sektör itibarı ile olumlu özelliklere sahip olmakla birlikte, finansman yetersizliği (yerli ve yabancı sermaye girişinin azlığı), bürokratik engeller, hukuki altyapı eksikliği, toplumsal değerlerde bozulma, kurumlar arasında işbirliği ve eşgüdüm eksikliği, kararlı bir devlet politikasının olmayışı, enerji planlarının uygulanmasındaki istikrarsızlık, AR-GE çalışmalarıyla ilgili kaynak ve teşviklerin yetersizliği, AR-GE kültürünün zayıflığı, kamuoyu bilincinin ve örgütlenmenin eksikliği, teknolojik ve bilimsel altyapı yetersizliği, teknoloji

üretimi ve uygulamaları için gerekli ara eleman eğitiminin yetersizliği, tarafsız ve uzman kurumların eksikliği, petrol ve doğalgaz rezervlerinin azlığı, kullanılan kömür santrali teknolojisinin yerli linyite uygun olmayışı gibi problemler de çözüm beklemektedir.

2.1. TÜRKİYE’NİN YENİLENEMEYEN ENERJİ KAYNAKLARI VE POTANSİYELİ

Türkiye çok çeşitli enerji kaynaklarına sahiptir. Yenilenemeyen enerji kaynakları açısından önemli bir potansiyele sahip ülkemizde kullanım olanakları açısından durum pek de iç açıcı değildir ve bu durum tüketimin yarısından fazlasının ithalata bağımlı olması sorununu beraberinde getirmektedir.

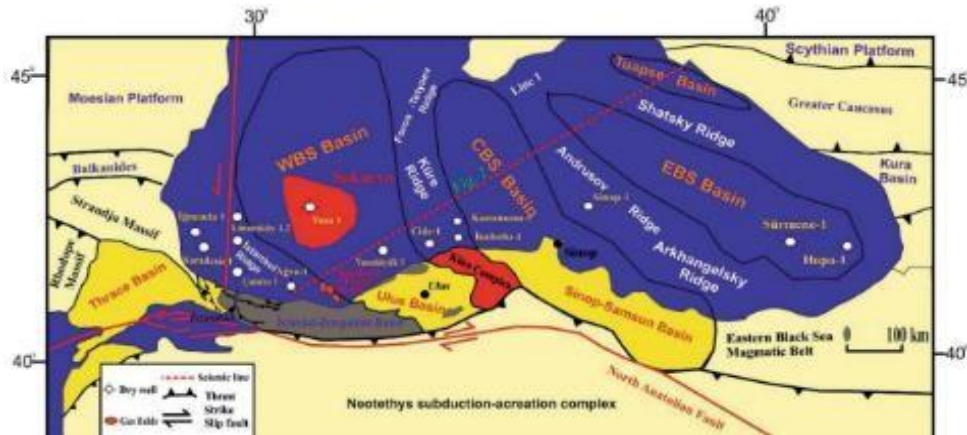
Yakıt Türü	Güç (MW)	Oran (%)
Sıvı yakıt	1675	7,90
Doğalgaz	3015	14,25
Jeotermal	15	0,07
Linyit	6048	20,58
Taşkömürü	486	2,30
Hidrolik	9225	46,90
Toplam		92

Tablo 1: Türkiye Kurulu Gücünün Yakıt Türüne Göre Dağılımı(6)

Türkiye’de petrol arama çalışmalarına Osmanlı İmparatorluğu’nun son dönemlerinde başlanmıştır. İmparatorluk sınırları içinde petrol ilk olarak İskenderun, Trakya ve Musul’da aranmıştır. Arama faaliyetleri Cumhuriyetin ilk yıllarında Güneydoğu Anadolu Bölgesi’ne kaydırılmış ve 1940 yılında Raman 1 kuyusunda petrolün bulunmasıyla sonuçlanmıştır. Türkiye’de petrol üretimine 1946 yılında 544 ton ile başlanmıştır. Daha sonra artan bu üretim değeri 1991 yılında 4,4 milyon ton ile en üst seviyesine ulaşmıştır. Bu yıldan itibaren petrol üretimi gerilemeye başlamış ve 2012 yılında 2,3 milyon tona kadar düşmüştür. Üretilen petrolün %70’ini (1,7 milyon ton) Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı (TPAO) büyük bölümü Güneydoğu Anadolu Bölgesi’ndeki sahalardan karşılanmaktadır. 1954 yılında yürürlüğe giren Petrol Yasası ile Türkiye 18 ayrı petrol bölgesine bölünerek yerli ve yabancı özel şirketlerin petrol arama ve üretim yapmasına izin verilmiştir. Bugün başta TPAO olmak üzere pek çok şirket bu faaliyetlerde bulunmaktadır. Dünya birincil enerji tüketiminde ilk sırada olan petrol, Türkiye’de 42 milyon ton rezerve sahiptir. Ülkenin 2012 yılı petrol tüketimi yaklaşık 29 milyon ton civarındadır. Bunun %7,9’luk kısmı yerli üretim olup geri kalan kısmı ithalat yoluyla karşılanmaktadır. İthalatı büyük oranda İran (%51), Irak (%17), Rusya (%12), Suudi Arabistan (%11), Kazakistan (%7) gibi ülkelerden yapılmaktadır (7). Her ne kadar alternatif kaynaklara yönelim artsa da petrol Türkiye için hala vazgeçilmez kaynaklar arasındadır. Bu önemin farkında olarak petrol arama ve petrolün akaryakıt olarak piyasaya sürülmesi işleminin

kamulaştırılması gerekiyor. Böylece çoğu farklı ulustan olan şirketlere ödenen milyar dolarları ülke ekonomisine katabiliriz.

Diğer fosil kaynaklara göre hava kirliliği yönünden daha çevreci olan doğal gaz 21. yüzyılın en önemli enerji kaynaklarından biridir. Bu enerji kaynağı Türkiye enerji pazarı içinde çok hızlı bir biçimde gelişmiştir. Ülkede ilk doğal gaz üretimi 1976 yılında Trakya'da gerçekleşmiş ve üretilen gaz Hamitabat ve çevresindeki sanayi kuruluşlarına verilmiştir.(8) Doğalgaz; depolama gereksinimine lüzum göstermeyen, peşin ödemesi olmayan, kül ve artık bırakmayan, nakliye bedeli ve zaman kaybına neden olmayan, kullanıldıkça bedeli ödenen, temiz, sağlıklı, kullanım kolaylığı olan güçlü bir yakıttır.(9) Karadeniz kara ve deniz alanlarında hidrokarbon arama çalışmaları uzun yıllardır devam etmektedir. Akçakoca sığ deniz alanında çok sınırlı bir gaz önceden keşfedilmiş olsa da en önemli keşif Ağustos 2020'de Romanya-Türkiye sınırında Tuna nehrinin oluşturduğu denizaltı yelpazesi de denilen Tuna-1 kuyusunda yapılmıştır (10). Karadeniz deniz (offshore) alanı Foros-Küre, Andrusov-Arkhangelsky ve Shatsky sırtları ile bölünen Batı Karadeniz, Orta Karadeniz, Doğu Karadeniz ve Tuapse havzalarından oluşmaktadır. Söz konusu deniz alanlarındaki havzalarda Oligosen-Miyosen ve PlioceneGüncel yaşlı kırıntılı çökeller bulunur. Karadeniz deniz havzalarında geçmişten günümüze çok sayıda sondaj faaliyeti yürütülmüştür. İlk sondajlar sığ denizel alanda açılan Karadeniz 1 ve İğne Ada 1 kuyularıdır. Takip eden süreçte Limanköy 1 ve 2 sondajları açılmıştır. Akçakoca, Ayazlı ve Akkaya sığ deniz gaz sahalarında yapılan sondajlarla çok düşük de olsa ilk gaz üretimi yapılmaya başlamıştır. Bu gazların kaynağı tartışmalı olup, karbonifer şeyl ve kömürlerinden türemiş olmalıdırlar (11). Bu üretimden sonra Karadeniz'de 2013 yılına kadar dünyanın en önemli petrol şirketleriyle iş birlikleri yapılarak çok sayıda derin ve ultra derin deniz sondaj faaliyetleri gerçekleştirilmiştir. İlk olarak BP ile Hopa-1 kuyusu, ExxonMobil ile Sinop-1 kuyusu ve Chevron ile Yassıhöyük kuyusu açılmıştır. Ayrıca Türkiye Petrolleri (TP) kendi imkânları ile Sürmene, Ağva, Cidde, Kastamonu, Çatalca kuyularını açmasına rağmen yeni keşif yapılamamıştır. Uzun bir aradan sonra nihayet Ağustos 2020'de açılan ultra derin deniz Tuna-1 kuyusunda gaz keşfi yapılmıştır.(12) Doğalgazın günümüzde ülkemiz için en büyük önemi ev ısıtması ve sanayi faaliyetlerindedir. Bu konuda fazlaca çalışma olması bu konunun öneminin ne kadar farkında olduğunu gösterir niteliktedir. Türkiye'nin konum avantajını göz önüne aldığımızda doğalgazın çıkarılması halinde sadece iç ekonomi için değil dışa satımlarda elde edilecek miktarlar ülke için büyük bir maddi kaynak oluşturacak ve siyasi yönden elini fazlasıyla güçlendirecektir.

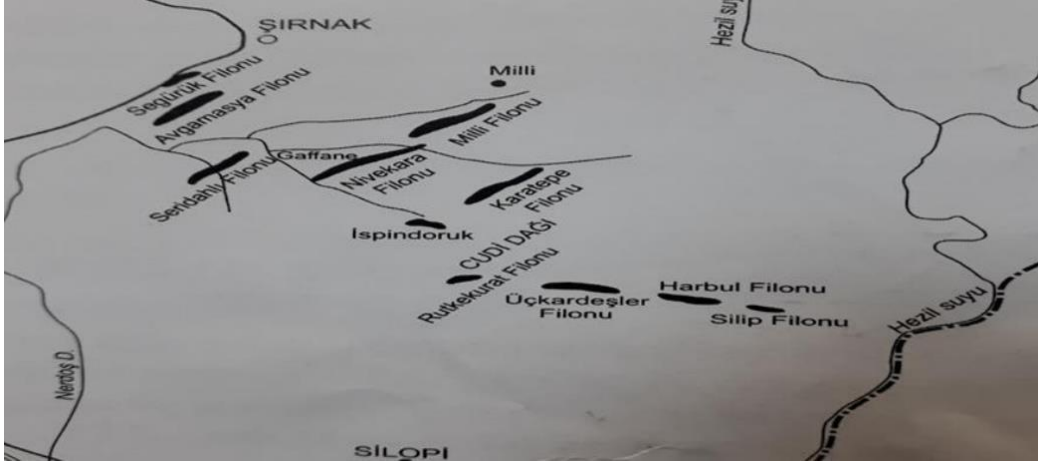


Şekil 2: Karadeniz havzaları ve deniz alanında delinen kuyular ile keşfedilen gaz sahaları(10)

Türkiye’de kömür olarak taşkömürü, linyit ve asfaltit üretilmektedir. Bu kaynaklardan taşkömürü; toplam 1.3 milyar ton rezerv ile Batı Karadeniz Bölgesi’nde (Zonguldak Havzası) yoğunlaşırken, toplam 8.3 milyar ton linyit rezervi ülkemizin hemen hemen tüm coğrafi bölgelerine yayılmıştır. Asfaltit ise, yaklaşık 80 milyon ton gibi sınırlı bir rezerv miktarı ile Güneydoğu Anadolu Bölgesi’nde bulunmaktadır. Toplam taşkömürü rezervinin 550,8 milyon tonu, linyit rezervinin ise 6,88 milyar tonu görünür rezerv kategorisindedir.(14)

Türkiye 6.975 milyon tonu görünür olmak üzere toplam 8.340 milyon ton linyit rezervine sahiptir ve bu rezerv %66.2’si 1000-2000 kcal/kg gibi düşük bir ısı değere sahiptir. Yıllık linyit üretimimiz 66 milyon ton ile dünya linyit üretiminin %8,4’ünü oluşturmaktadır. Üretilen linyitler ağırlıklı olarak termik santrallerde tüketilmektedir. Düşük kalorili linyitlerin bilinen rezervi, termik santralleri uzun yıllar besleyebilecek niceliktedir. Buna karşılık ülkemizin yüksek kaliteli linyite ihtiyacı sürmektedir.(6) Üretimin büyük bir kısmı halen TTK, TKİ (Türkiye Kömür İşletmeleri) ve EÜAŞ (Elektrik Üretim A.Ş.) gibi kamu kuruluşları tarafından gerçekleştirilmektedir. Bugünkü verilere göre linyitten elektrik üretim kapasitesi yılda 116 milyar kWh’dir. Ancak kaynak çeşitlendirme ihtiyacına paralel olarak; doğalgaz ve diğer kaynakların elektrik üretimindeki payı arttıkça, linyitin payında azalma beklenmektedir. Son yıllarda talebin beklenenden az gerçekleşmesi alım garantili doğalgaz santrallerinin daha fazla çalıştırılmasına, bu durum da linyit santrallerinin kapasite kullanım oranlarının düşmesine neden olmuştur. Yapılan son rezerv hesaplamalarına göre halen işletilmekte olan Elbistan açık işletmesi rezervlerinin dışında, ekonomik olarak üretilebilecek 3 milyar tonun üzerinde linyit bulunmaktadır; bu potansiyelden en az 30 yıl süreyle yılda 100 milyon ton üretim yapılabilir ve mevcut santralin dışında toplam olarak yaklaşık 7 bin MW gücündeki yeni termik santrallerin kurulması mümkün olabilecektir.(15)

Dünyada oldukça sınırlı sayıda bulunan asfaltit yataklarının bir kısmının, Çin, İspanya, Küba ve Arjantin’de olduğu bilinmektedir (16). Türkiye’nin önem taşıyan iki asfaltit sahası Güneydoğu Anadolu Bölgesi’ndedir. Filon toplulukları şeklinde olan bu sahalardan biri Şırnak’ın güneyinde, ikincisi ise Silopi’nin kuzeydoğusundadır. Şırnak’ın güneyinde yer alan Avgamasya, Segürek, Seridahlı, Nivekara, Milli, İspindoruk, Karatepe ve Rutkekurat filonlarıdır. Silopi’nin kuzeydoğusundakiler ise Üçkardeşler, Harbul ve Silip filonlar şeklinde adlandırılırlar. Şırnak Uludere’nin güneydoğusunda da, Irak sınırı yakınında Ortasu asfaltit filonu bulunmaktadır. Türkiye’nin sahip olduğu MTA tarafından hesaplanan toplam asfaltit rezervi yaklaşık 82 milyon tondur (17). En büyük rezervlerin olduğu filonlar ise sırasıyla Harbul (25,8 milyon ton), Üçkardeşler (20,4 milyon ton) ve Avgamasya (14 milyon ton) dır (18). Güneydoğu Anadolu Bölgesi’ndeki asfaltit filonlar Türkiye’nin sahip olduğu önemli asfaltit kaynaklarıdır. Kullanım alanı açısından çok geniş bir yelpazeye sahip olan asfaltit ülkemizde genel olarak katı yakıt şeklinde tüketilir. Bu yüzden termik santrallerde elektrik üretimi için kullanım potansiyeli bulunan ve kullanılan madenlerden biridir.



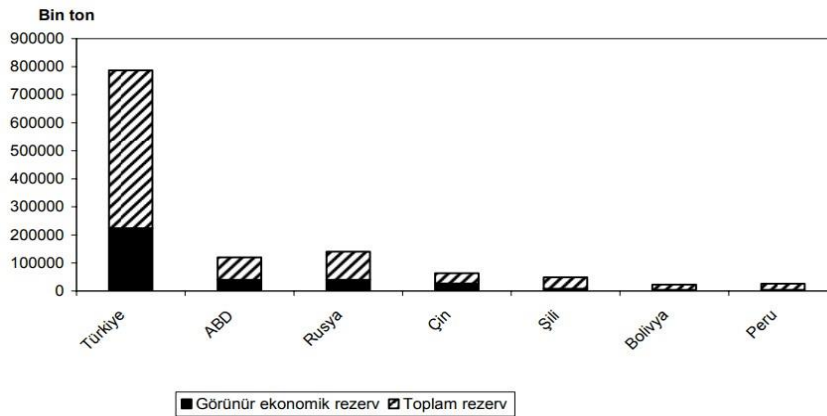
Şekil 3: Güneydoğu Anadolu Bölgesi'ndeki asfaltit filonlar(19),

Türkiye’de geçmiş dönemlerde yapılmış olan uranyum aramaları sonucunda pilot laboratuvar çalışmaları yapılmıştır. Bu teknolojik çalışmalar sırasında, bulunan uranyum cevherinden sarı pasta üretimi de gerçekleştirilmiştir. 1974 yılında Köprübaşı (Manisa) cevherlerinde MTA tarafından kurulan pilot tesisler 1974-1982 yılları arasında faaliyet göstermiş, bu tesislerde Köprübaşı ve Fakılı (Uşak) yöresinde çıkarılan uranyum cevherlerinden yaklaşık 1200 kg sarı pasta üretilmiş ve 1996 yılında da TAEK’e teslim edilmiştir. 2017 yılı verilerine göre Ülkemizde toplam 12.614 ton uranyum rezervi olduğu belirlenmiştir. MTA, Nevşehir-Avanos-Yeşilöz sahasında uranyum arama çalışmalarına devam etmektedir. Yozgat-Sorgun yöresinde MTA tarafından yapılan arama çalışmaları sonrasında, işletme ruhsatı verilen Temrezli köyü madeninde, Anatolia Enerji Ltd. Şti. tarafından, yerinde kazanım metodu (liç) ile bazik ortamda uranyum kazanımına yönelik çalışmalar yapılmıştır. Bölgede yapılan fizibilite çalışmaları sonucunda yaklaşık 10 yıl faaliyette olması planlanan tesiste çözelti madenciliği teknolojisi ile yaklaşık 4 bin ton U_3O_8 üretilmesi hedeflenmiştir. Çözelti madenciliği kapalı bir sistem olup bu metot dâhilinde uranyumun çözeltiye alınarak ürün eldesi için işlenmesi yöntemi izlenmektedir. Çözelti madenciliği teknolojisinde uranyum cevherinin bulunduğu yer altı katmanlarına kuyular yardımı ile çözelti verilmektedir. Yeraltındaki katmanlara verilen çözelti bu tabakalarda bulunan uranyum cevherini mobil hale getirmektedir. Çözeltiye alınan uranyum sahada yer alan kuyulardan pompalar yardımı ile yüzeye çıkartılmaktadır. Yüzeye pompalanan 14 çözelti proses tesisine gönderilmekte olup proses tesisinde konsantre uranyum oksit (U_3O_8) elde edilmektedir. Sorgun-Temrezli bölgesindeki uranyum yatağı Türkiye’de bilinen uranyum cevherleşmeleri içerisinde rezerv bakımından ekonomik ve tenörü en yüksek olan yataktır. Uranyum cevherleşmesi merccekler şeklindedir, bu mercceklerin yüzeyden olan derinliği 25 ile 215m arasında değişmektedir. Yürütülen ekonomik ön değerlendirme çalışmaları sonucunda, kaynağın içerdiği uranyumun miktarı yaklaşık 6.700 ton olarak tahmin edilmektedir.(20) Nükleer enerji üretimine yönelik tesisler güvenlik ve kalite kültürünün Türkiye’de yerleşmesinde ve gelişmesinde önemli bir yeri olacağı beklenmektedir. Nükleer enerji üretimi için kurulacak tesisler, Türkiye’de, nükleer teknoloji alt yapısının gelişmesine katkı sağlayacaktır. Ayrıca, nükleer santrallerden üretilen enerji ülke enerji üretim portföyüne çeşitlilik getirebilecek bir seçenektir. Nükleer santraller günümüzde yüksek yük faktörü ile çalışabilen ve lisanslama kuruluşları tarafından sürekli denetime tabi tutulan tesisler olarak dünya enerji üretiminde önemli bir paya sahiptir.(46)

Bölge	TENÖR (% U ₃ O ₈)	REZERV (ton)
Manisa - Köprübaşı	0,04 - 0,07	3.487
Uşak-Eşme-Fakılı	0,05	490
Yozgat-Sorgun	0,1	6.700
Aydın-Küçükçavdar	0,04	208
Aydın-Demirtepe	0,08	1.729
TOPLAM		12.614

Tablo 2: Türkiye uranyum rezervi(20)

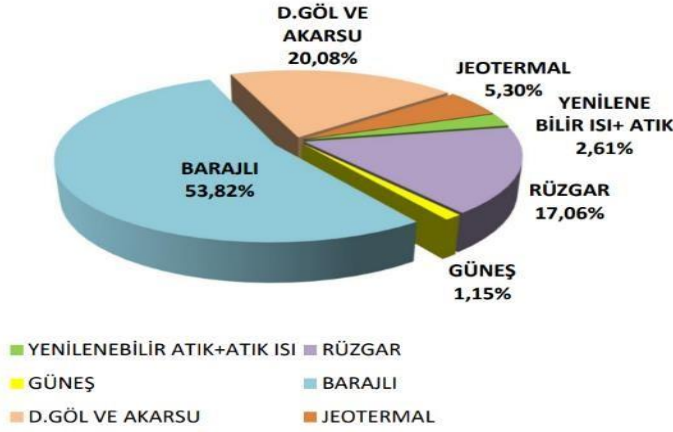
Borun dünya toplam rezervi içerisindeki payı %70 civarındadır. Dünyada en fazla bor rezervine sahip olan ülke Türkiye’dir, ikinci sırada yer alan Amerika’nın rezerv oranı ise yaklaşık olarak %23’tür. Dünya bor rezervlerinin kalan kısmı Arjantin, Bolivya, Şili, Çin, İran, Kazakistan, Peru ve Rusya’da bulunmaktadır. Bor; askeri ve zırhlı araçlarda, silah namlularında, cam sanayiinde, elektronik ve bilgisayar alanında, enerji sektöründe; güneş enerjisi depolanması ve güneş pilleri koruyucusu olarak, fotoğrafçılık ve görüş sistemleri alanında, ilaç ve kozmetik alanında; mikrop öldürücü özelliğinden ötürü dezenfekte edici, diş macunu, lens solüsyonu, kolonya, parfüm, şampuan yapımında, iletişim alanında; iletkenlik ve koruyucu özelliğinden dolayı cep telefonları, modemler, televizyon üretiminde, inşaat sektöründe; mukavemet artırıcı ve izolasyon amaçlı, kağıt sanayiinde beyazlatıcı olarak, kimya sektöründe; banyo çözeltileri, atık temizleme amaçlı, petrol boya, yanmayan ve erimeyen boya, tekstil boya, yapımda, yapıştırıcı, soğutucu kimyasal yapımda, korozyon önleyici, mürekkep, pasta ve cilaları, kibrit, kireç önleyici, dezenfektan sıvılar, sabun, toz deterjan, ahşap malzeme koruyucusu, boya ve vernik kurutucusu, makine, nükleer ve otomobil sanayiinde, spor malzemelerde, tarım sektöründe, biyolojik gelişim ve kontrol kimyasalları, gübre, böcek öldürücülerde, tıp alanında, uzay ve havacılık sanayiinde kullanılmaktadır. Türkiye bor rezervleri açısından dünya sıralamasında birinci ülke olmasına rağmen, bu konumunun avantajlarını değerlendirememektedir. Uygulanan yanlış politikalar sonucunda hammadde olarak ihraç edilen bor, ihraç edilen fiyatın 3-4 misli fiyat ile işlenmiş olarak yeniden ithal edilmektedir(6)



Şekil 4: Dünyadaki bor rezervleri(21)

2.2. TÜRKİYE’NİN YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI VE POTANSİYELİ

Türkiye, yenilenebilir enerjinin kullanım alanı ve iklim şartları açısından oldukça elverişli bir ülkedir. Türkiye’nin 2017 yılında toplam elektrik kurulu gücünde 6.703 MW’lık bir artış yaşanmış olup kurulu güç oranı 2017 yılı sonunda 85.200 MW’a ulaşmıştır. Türkiye’nin resmi enerji politikası, 2023’e kadar ülkenin dış kaynaklara olan bağımlılığını azaltmak ve doğal kaynaklara harcanan maliyeti kısararak iç kaynaklardan maksimum ölçüde yararlanmaktır. Bu çerçevede 2023 yılında toplam elektrik üretiminin yüzde 30’unun yenilenebilir

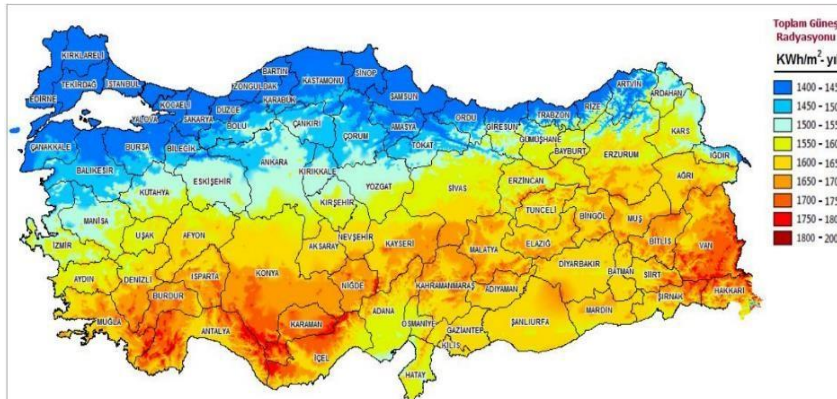


kaynaklardan temin edilmesi hedeflenmiştir.

Şekil 5: Türkiye Yenilenebilir Kaynaklardan Elektrik Enerjisi Üretimi(19)

TEİAŞ’ın 2016 yılındaki Türkiye’nin elektrik enerjisi üretmede kaynaklara göre dağılımına bakıldığında, doğalgaz %32’lik bir oranla elektrik enerjisi üretiminde başı çekmektedir. Fakat hidroelektrik santrallerinden üretilen enerji ise yaklaşık %18 oranındadır, hatta ithal kömür ve linyiti geçmiştir. Rüzgâr enerjisinin payı %6’ya yaklaşmış (%5.65), güneş enerjisinin payı (%0.38) ise diğer enerji kaynaklarına göre düşük kalmıştır.(19)

Türkiye’nin mevcut coğrafi konumu, güneş enerjisi potansiyeli bakımından çok verimlidir. Türkiye’nin Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlası’na (GEPA) göre, yıllık toplam güneşlenme süresinin 2.737 saat (günlük 7,5 saat), yıllık toplam gelen güneş enerjisinin 1.527 kWh/m² (günlük 4,2 kWh/m²) olduğu tespit edilmiştir. Mülga Elektrik İşleri Etüt İdaresi tarafından teknik kapasitesi 405 milyar kWh/yıl, ekonomik potansiyeli 380 milyar kWh/yıl olarak tahmin edilen güneş dayalı elektrik üretim kapasitesine sahiptir



Şekil 6: Türkiye GEPA Atlası(23)

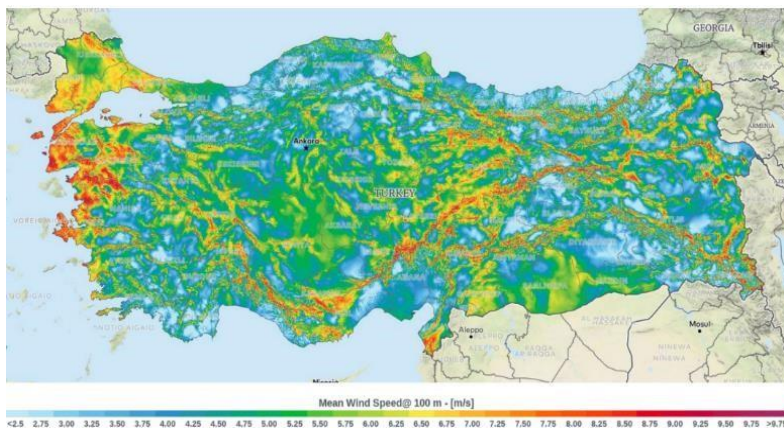
Güneş enerjisinde lokomotif ülke olan Almanya’nın aldığı en fazla ışıınım değeri olan yıllık 1200 kWh/m², Türkiye’nin en az ışıınım alan bölgesi olan Karadeniz Bölgesi’nin ışıınım

değeriyle hemen hemen aynıdır. Bu açıdan bakılacak olursa Türkiye’de güneş enerjisinden faydalanma oranının oldukça düşük olduğu söylenebilir. Güneş enerjisinden faydalanılarak oluşturulacak sıcak su sistemleri, potansiyelin yüksek olduğu Güneydoğu Anadolu, Akdeniz ve Ege Bölgeleri’nde değerlendirilebilir. Örneğin İsveç gibi güneşi çok az gören bir ülkede bile dışarıda sıcaklık -4 dereceyken, güneş toplayıcısından 70 derece su elde edilebilmektedir. Bugün dünyaya ulaşan güneş kaynaklı enerji, insanoğlunun kullandığı tüm enerjinin 15-16 bin katı dolayındadır. Ancak güneş enerjisinin kesikli olması etkin ve verimli kullanılmasının önündeki en büyük engeldir. Dolayısıyla çalışmalar, bu enerji türünden maksimum verimin nasıl bir teknikle elde edilebileceğinin araştırılması yönündedir. Konu ile ilgili kuramlardan biri güneş enerjisini dünyanın dışında yakalayıp dönüştürerek (elektrik enerjisi olarak) dünyaya aktarmaktır; uzayda ya da bize en yakın gök cismi olan ayda bu işin başarılabileceği düşünülmektedir -ne uzayda ne de ayda bulutluluk veya gece gündüz sorunu yoktur, ayrıca havakürenin soğurucu etkileri de buralarda söz konusu olmamaktadır. (6)

Elektrik üretim tesisleri içerisinde rüzgâr enerjisi santralleri; kirlilik yaratmaması ve çevreye yok denecek kadar az zarar vermesi, kurulum süreçlerinin kısa vadeli oluşu, yatırım maliyetlerinin diğer enerji kaynaklarına nazaran düşük olması ve elektrik enerjisine en kolay ve hızlı dönüştürülebilene bir enerji türü olması gibi sebeplerle dünya genelinde tercih edilmektedir. Rüzgârın yoğun olarak estiği yüksek alanlara kurulan rüzgâr tribünleri ise rüzgârın kinetik enerjisini önce mekanik enerjiye, sonra elektrik enerjisine dönüştürerek yenilenebilir enerji üretiminde önemli bir pay almaktadır.

Rüzgâr enerjisi, kullanımı giderek artan ve potansiyeli yeni keşfedilmiş tükenmez bir enerji kaynağıdır. Dünya rüzgâr enerji potansiyelini belirleyebilmek amacıyla Uluslararası Enerji Ajansı (IEA) tarafından çeşitli araştırmalar yapılmıştır. Bu araştırmalarda, 5,1 m/s üzerinde rüzgâr kapasitesine sahip bölgelerin, uygulamaya dönük ve toplumsal kısıtlar nedeni ile % 4’ünün kullanılacağı öngörüsüne dayanarak, dünya karasal teknik rüzgâr potansiyeli 53.000 TWh/yıl olarak hesaplanmıştır.(24) Açık deniz (offshore) bölgelerinin potansiyeli ise 420.000 TWh/yıl olarak öngörülmektedir.(25)

Enerji Bakanlığı sitesinde yer aldığı ve uzun yıllar kullanıldığı üzere; Türkiye’de yer seviyesinden 50 metre yükseklikte ve 7,5 m/s üzeri rüzgâr hızlarına sahip alanlarda 5 MW/km² gücünde rüzgâr santrali kurulabileceği kabul edilmiştir. Bu kabuller ışığında, ortaölçekli sayısal hava tahmin modeli ve mikro-ölçekli rüzgâr akış modeli kullanılarak üretilen rüzgâr kaynak bilgilerinin verildiği



Rüzgâr Enerjisi Potansiyel Atlası (REPA) hazırlanmıştır.

Şekil 7: Küresel Rüzgâr Atlası 100 m Rüzgâr Hızı – Türkiye(26)

Türkiye rüzgâr enerjisi potansiyeli 48.000 MW olarak belirlenmiştir. Bu potansiyele karşılık gelen toplam alan Türkiye yüz ölçümünün % 1,30'una denk gelmektedir.(26)

Türkiye'nin rüzgâr enerjisindeki kurulu gücünün yüzde 39,88'sini (2585 MW) Ege Bölgesi'ndeki elektrik üretim tesisleri oluşturmaktadır. Ege Bölgesi'ni yüzde 34,57 ile (2241 MW) Marmara Bölgesi takip etmekte, Akdeniz Bölgesi ise yüzde 13,71'lik (888 megavat) kurulu güçle üçüncü sırada yer almaktadır (TÜREB, 2017). İl bazında ise İzmir, Balıkesir ve Manisa illeri başı çekmektedir.(27)

Elektrik üreten bütün santraller suya ihtiyaç duymakta, su ısı temelli (kömür, petrol, doğalgaz veya nükleer) santrallerde kullanılan buharı soğutmak ve yoğunlaştırmak için hidroelektrik santrallerde de doğrudan bir enerji kaynağı olarak kullanılmaktadır. Hidrolik santraller, özellikle dışa bağımlılık konusunda önemli avantajlar sağlamaktadır. Yatırımın büyük miktarının yerli kaynaklardan sağlanabilmesi, ayrıca yöre halkına sağladığı ekonomik ve sosyal getirilerin yansırı, istihdam olanakları yaratması bir diğer olumlu özelliğidir.(28)

Nehirlerin büyük olduğu ve yükseltinin fazla olduğu yerlerde suyun akış hızı yüksek olduğu için kurulması daha çok verim sağlar. Türkiye'nin 2002'de 12 bin 241 MW olan hidrolik kurulu gücü, devreye alınan su kaynaklı enerji üretim tesisleriyle 2014 Eylül ayı itibarıyla 23 bin 455 MW'a, 2016 yılsonu itibarıyla da artarak toplamda 26 bin 681 MW seviyelerine ulaşmıştır. Bunun 19 bin 558 MW'ı barajlı ve 7 bin 123 MW'ı ise akarsu tipindedir. Hidroelektrik üretimi 2015 yılında 2014 yılına göre %65 oranında artarak 67.146 GWh olarak gerçekleşmiştir. Şu anda Türkiye'de 26.694,92 MW değerinde toplam 620 adet kayıtlı hidroelektrik santrali vardır. Son yıllarda yaşanan küresel ısınma ve kuraklıklar hidroelektrik santrallerinden beklenen katkının sağlanamamasına neden olmaktadır. Ancak hidrolik enerji yenilenebilir enerji kaynakları arasında en fazla potansiyele sahiptir. Türkiye, teorik hidroelektrik potansiyeli açısından dünya teorik potansiyelinin %1'ine, ekonomik potansiyel bakımından ise Avrupa ekonomik potansiyelinin %16'sına sahiptir. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı tarafından 36000 MW olan hidroelektrik potansiyelimizin tamamının kullanılması hedeflenmektedir.

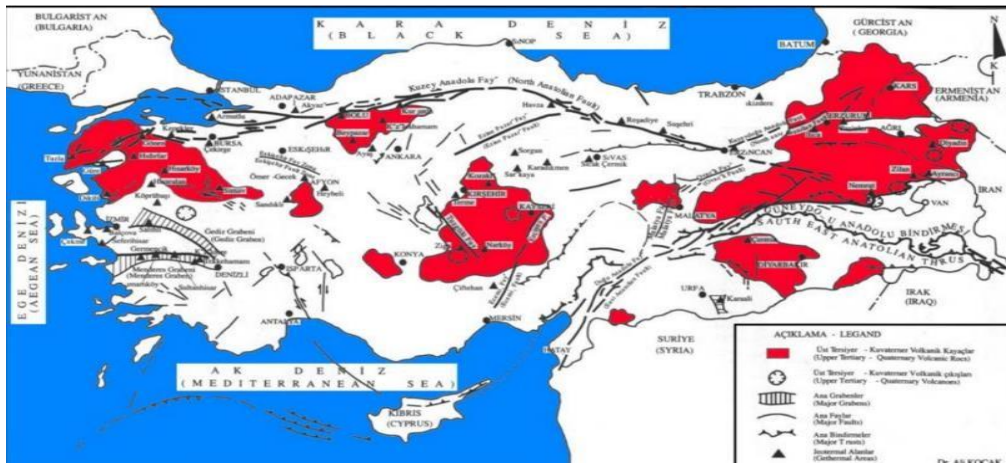
Türkiye'de hidrolik enerjinin büyük kısmı Atatürk, Karakaya, Keban ve Altınkaya Barajlarından karşılanmaktadır. Ülkenin bugün itibarıyla ekonomik olduğu belirlenen yıllık 140 milyar kW's hidrolik enerji potansiyelinin yüzde 44'lük kısmı işletilmektedir.(27)

Yıllar	Hidrolik (MW)	Jeotermal (MW)	Rüzgâr (MW)	Güneş (MW)	Biyokütle (MW)	Toplam Yenilenebilir (MW)	Türkiye Toplam Kurulu Gücü (MW)	Yenilenebilir Payı (%)
2000	11.175,2	17,5	18,9		10,0	11.221,6	27.264,1	41,2
2001	11.672,9	17,5	18,9		10,0	11.719,3	28.332,4	41,4
2002	12.240,9	17,5	18,9		13,8	12.291,1	31.845,8	38,6
2003	12.578,7	15,0	18,9		13,8	12.626,4	35.587,0	35,5
2004	12.645,4	15,0	18,9		13,8	12.693,1	36.824,0	34,5
2005	12.906,1	15,0	20,1		13,8	12.955,0	38.843,5	33,4
2006	13.062,7	23,0	59,0		19,8	13.164,4	40.564,8	32,5
2007	13.394,9	23,0	147,5		21,2	13.586,6	40.835,7	33,3
2008	13.828,7	29,8	363,7		38,2	14.260,4	41.817,2	34,1
2009	14.553,3	77,2	791,6		65,0	15.487,1	44.761,2	34,6
2010	15.831,2	94,2	1.320,2		85,7	17.331,3	49.524,1	35,0
2011	17.137,1	114,2	1.728,7		104,2	19.084,2	52.911,1	36,1
2012	19.609,4	162,2	2.260,6		147,3	22.179,5	57.059,4	38,9
2013	22.289,0	310,8	2.759,7		178,0	25.537,5	64.007,5	39,9
2014	23.643,2	404,9	3.629,7	40,2	227,0	27.945,0	69.519,8	40,2
2015	25.867,8	623,9	4.503,2	248,8	277,1	31.520,8	73.146,7	43,1
2016	26.681,1	820,9	5.751,3	832,5	363,8	34.449,6	78.497,4	43,9
2017	27.273,1	1.063,7	6.516,2	3.420,7	477,4	38.751,1	85.200,0	45,5
2018	28.291,4	1.282,5	7.005,4	5.062,8	621,9	42.264,0	88.550,8	47,7
2019	28.503,0	1.514,7	7.591,2	5.995,2	1.163,3	44.767,4	91.267,0	49,6

Tablo 2: Yenilenebilir Kaynaklı Kurulu Gücün Türkiye Toplam Kurulu Gücü İçindeki Payının Yıllar İtibarıyla Gelişimi (2000-2019) (29)

Jeotermal enerji, yerkabuğunun çeşitli derinliklerinde birikmiş ısının oluşturduğu, sıcaklıkları atmosferik sıcaklığın üzerinde olan ve çevresindeki normal yeraltı ve yerüstü sularına göre daha fazla erimiş mineral tuzlar ve gazlar içeren sıcak su, buhar ve gazlar olarak tanımlanmaktadır.(30) Sıcak su kaynaklarına yakın olarak kurulan ve işletilen jeotermal enerji, 20. yüzyıl başlarına kadar sağlıklı yaşam ve besinleri pişirme amacı ile kullanılırken teknolojinin gelişmesine bağlı olarak günümüzde çok yaygınlaşmış ve çeşitlenmiştir. Jeotermal enerji; elektrik üretimi, ısıtma ve ısınma gibi amaçlarla kullanılırken, fizik tedavi merkezleri ve turistik merkezlerde de kullanılmakta, dolayısıyla ülkenin turizm potansiyelini yükseltici bir mekanizma da yaratmaktadır.

Türkiye, son yıllarda sahip olduğu jeotermal enerji potansiyeli açısından diğer ülkeler arasında ilk sıralarda yer almaktadır. Ülkemiz sahip olduğu bu jeotermal potansiyeli ile dünyada yedinci, Avrupa’da ise birinci sırada yerini almıştır. Türkiye’de mevcut olarak bulunan 25 Jeotermal enerji santralinin toplam kurulu gücü 725,20 MW civarındadır.



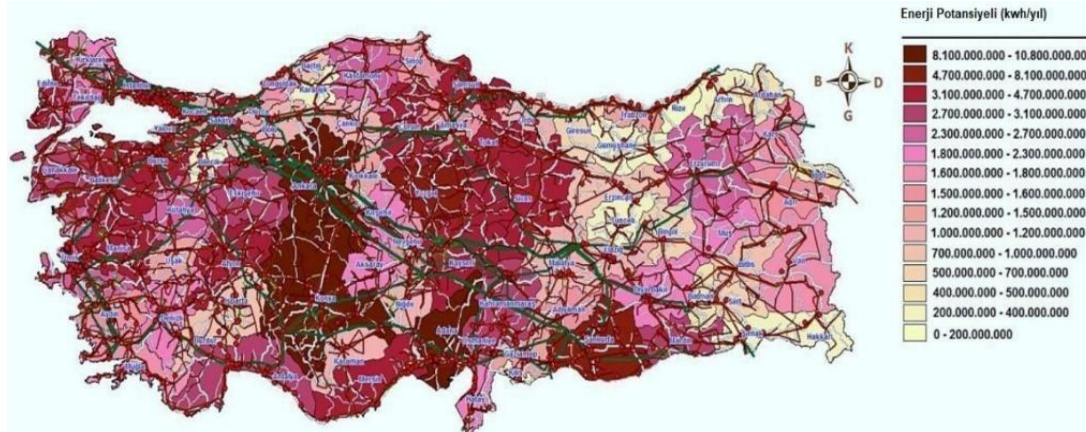
Şekil 8:Türkiye’nin neotektoniği-volkanik etkinliği ve jeotermal alanlar(32)

2015 yılında bu santraller ile toplam 3.318.417.011 KWs elektrik üretimi yapılmıştır. Jeotermal enerji potansiyeli açısından bakıldığında Aydın ve Denizli illeri Türkiye’nin büyük bir kısmına sahiptir. Bölgede jeotermal kaynaklardan gıda amaçlı olarak jeotermal seracılıkta ve sağlık amaçlı termal-turizm alanlarında sıklıkla faydalanılmaktadır. Örneğin, Aydın’da bulunan Germencik Jeotermal Santrali 47.4 MW’lık Kurulu güç kapasitesi ile Türkiye’nin en büyük ikinci jeotermal santrali konumundadır. Santral, rezervuar sıcaklığının ortalama 220 °C’nin üzerinde olması ve su baskın bir rezervuar olması nedeniyle, maliyet ve güvenilirlik açısından önemli olan Double Flash (Çift Kademeli Besleme) sistemi biçiminde tasarlanmıştır. Bu sistem, Single Flash (Tek Kademeli Besleme) sistemlere göre aynı miktar buhar kullanmakta, fakat sağladığı enerji üretimi yüzde 10-15 daha çok olmaktadır (31). Türkiye’deki en büyük jeotermal saha olma özelliği gösteren ve 2013’te Zorlu Enerji Grubu tarafından açılan “Kızıldere II” Jeotermal Santrali 80 MW gücündedir.

Hayvansal ve bitkisel organik atık/artık maddeler, çoğunlukla ya doğrudan doğruya yakılmakta veya tarım topraklarına gübre olarak verilmektedir. Bu tür atıkların özellikle yakılarak ısı üretiminde kullanılması daha yaygın olarak görülmektedir. Bu şekilde istenilen özellikte ısı üretilmediği gibi, ısı üretiminden sonra atıkların gübre olarak kullanılması da mümkün olamamaktadır. Biyogaz teknolojisi ise; organik kökenli atık/artık maddelerden hem enerji eldesine, hem de atıkların toprağa kazandırılmasına imkan vermektedir. Biyogaz; bitki ve

hayvan atıkları gibi organik maddelerin havasız ortamlarda fermantasyonu sonucu oluşan ve bileşiminde % 60-70 metan, % 30-40 karbondioksit ve az miktarda hidrojen sülfür, hidrojen, karbonmonoksit ve azot bulunan renksiz ve yanıcı bir gaz karışımıdır.(33)

Türkiye, biyokütle malzemesi üretimi bakımından elverişli güneş, tarımsal alanın kullanılabilirliği, su kaynakları ve iklim koşullarına sahip olup biyokütle enerjisi için bol miktarda kaynak sunabilecek yapıya sahiptir. Genel olarak, Türkiye'nin biyokütle kaynakları tarım, orman, hayvan, organik kentsel atık vb. maddelerden oluşur.(34)



Şekil 9: Türkiye'de illere göre biyokütle potansiyel dağılımı(35)

Aslında Türkiye'de su ürünleri yetiştiriciliği ve gıda üretimi hariç, fotosentezden elde edilen enerjiye bağlı olarak, biyokütle enerjisinin teorik olarak brüt potansiyeli yıllık 135-150 milyon TEP ve kayıpların düşülmesinden sonra net potansiyelin yıllık 90 milyon TEP olabileceği hesaplanabilmektedir. Ülkenin tüm tarım alanlarının sadece biyokütle yakıt üretimi için yıl boyunca kullanılması mümkün olmadığı için, mevcut teknoloji ve arazi kullanım durumlarına göre hesaplanan teorik potansiyelin yıllık 14-32 milyon TEP arasında olduğu görülmektedir. Görüldüğü gibi Türkiye'nin farklı biyokütle kaynak tiplerine göre ve kullanılan verilere göre sahip olduğu biyokütle potansiyelinin ve bu potansiyele ilişkin enerji değerinin hesaplanması farklılıklar göstermektedir.(35)

Deniz kökenli yenilenebilir enerji kaynakları; deniz-dalga enerjisi, deniz sıcaklık (gradyent) enerjisi, deniz akıntıları (boğazlarda) ve gel-git enerjileridir. Ülkemizde deniz enerjisi ile ilgili olarak kullanılma olasılığı bulunanlar dalga ve akıntı enerjileridir. Ancak deniz akıntısından enerji elde edilmesi Çanakkale ve İstanbul Boğazlarındaki yoğun trafik nedeniyle azalmıştır.(36)

Türkiye, sahip olduğu uzun kıyı şeridi ve ana atmosferik hareketlerin kuvvetli rüzgârları dolayısıyla dalgaları oluşturabildiği coğrafi konumu itibari ile önemli dalga enerjisi potansiyeline sahiptir. Gerçekleştirilen araştırmanın sonuçları ülkemizde başta Batı Karadeniz bölgesi olmak üzere dalga enerjisi potansiyeline sahip kıyı alanlarının bulunduğunu ortaya koymaktadır. Ülkemizde dalga enerjisinin sağlıklı hesaplanabilmesi açısından en önemli eksikliklerden biri sürekli ve sağlıklı dalga ölçümlerinin alındığı istasyonların tam olarak hayata geçirilememiş olmasıdır.(37)

Marmara Denizi dışında kıyı uzunluğu yaklaşık 8200 kilometreyi bulan Türkiye için, dalga enerjisinin önemli bir potansiyel oluşturduğu yadsınamaz bir gerçektir. Dalga cephesinin gücü, okyanuslar dışında 10-40 kW/m arasında değişmekle birlikte, Akdeniz kıyıları için bu değer yaklaşık 13 kW/m olarak verilmektedir. Türkiye dışında Akdeniz'de yapılmış ölçümler, bu gücün yıl boyu 8,4-15,5 kW/m arasında değiştiğini göstermektedir. Türkiye'de dalga rasatları

ve bunlara ilişkin ölçüm verileri yetersizdir. Fakat rüzgâr ölçüm değerleri, deniz düzeyine uyarlanarak, rüzgârların oluşturacakları dalga yüksekliklerini belirlemek ve buradan da elde edilecek dalga enerjisini hesaplamak mümkündür. Potansiyel açısından yapılan karşılaştırmalara göre Türkiye, kıyı şeridinin uzunluğu ve koy sayısı açısından kıyı hattı (shoreline) tipindeki sistemlere daha uygundur. Hem de kıyıdan uzak (offshore) tipler açısından Türkiye, fazla derin bir kıta sahanlığına sahip olmadığından elverişli değildir. Kıyı şekli bakımından değerlendirildiğinde dağların denize paralel uzandığı Karadeniz, Akdeniz bölgelerinde salınımlı su bloklarının kullanılması avantajdır. Türkiye için düşünüldüğünde sivri kanallı sistemlerin coğrafik olarak kurulabileceği yerler ülkemizde sınırlıdır. Ayrıca salınımlı su bloklarıyla karşılaştırıldığında ekstra kurulum maliyeti gereklidir. Bu nedenle, gerekli verim alınmayabilir. Özetle, Türkiye'nin kıyı tipine göre ve kurulum ile işletme maliyetlerine göre sıralandığında en elverişli dönüştürücü tipinin salınımlı su blokları olduğu anlaşılmaktadır.(38)



Şekil 10: Türkiye'nin Dalga Enerjisi Haritası(39)

Evrenin oluşumu kuramında da belirtildiği üzere hidrojen bütün yıldızların ve gezegenlerin temel maddesi olmasının yansıra, güneş ve diğer yıldızların termonükleer tepkimeyle vermiş oldukları ısıнын yakıtını da meydana getirmesi nedeniyle evrenin temel kaynağıdır. Hidrojen 1500'li yıllarda keşfedilmiş, 1700'li yıllarda yanabilme özelliğinin farkına varılmış, evrende en çok bulunan element olup, renksiz, kokusuz, havadan 14.4 kez daha hafif ve tamamen zehirsiz bir gazdır.(6)

Hidrojen, kömür veya biyogaz gibi birincil enerji kaynağı değildir; kömür, doğalgaz gibi fosil kaynakların yanı sıra, sudan ve biyokütleden de elde edilebilir. Hidrojen birincil enerji kaynaklarından üretilen bir enerji taşıyıcıdır, bu nedenle yakın dönemde mevcut enerji sistemi baz alınarak yaygın birincil enerji taşıyıcıları ve kaynaklarından, uzun dönemde ise sürdürülebilir enerjiye ulaşabilmek için yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilmelidir.(40)

Hidrojen Sülfür, Karadeniz dip sularında meydana gelen aşırı kirlenme sonucunda oluşmuştur. Hidrojen Sülfür (H_2S)'ün bulunduğu Karadeniz dip suları oksijen bakımından oldukça fakirdir. Hidrojen sülfürün bulunduğu kısımlarda hiç oksijen bulunmadığından bu kısımlarda canlı varlıklara rastlanmamaktadır. Hidrojen sülfür için söylenmesi gereken en önemli özellik Hidrojen Sülfürün yüksek oranda toksit içermesi ve ağır bir kokuya sahip olmasıdır. Hidrojen Sülfürün çevresel zararlarını azaltmak için bu madde bileşenlerine ayrılmalıdır. Ayrışma sonucu ortaya çıkan bileşenler gaz formdaki kükürt ve hidrojendir. Ayrıca Karadeniz'in orta bölgelerinde su yüzeyinden yaklaşık 100m derinliğe inildiğinde Hidrojen Sülfür tabakasına rastlanacaktır. Kıyı kesimlerde H_2S 'e ulaşım derinliği minimum 170m'dir. Karadeniz ortalarına kurulacak olan platformlar sayesinde H_2S 'in yüzeye çıkarılma maliyeti azaltılmış olacaktır. Zonguldak, Samsun, Sinop, Giresun açıklarında H_2S 'e ulaşmak daha kolaydır.(41)

için fizibilite çalışmaları sürdürülmektedir. Böylelikle Türkiye enerji portföyünü genişleterek arz güvenliğini artırma noktasında önemli mesafe katedecektir. Fosil yakıt arama ve sondaj konusunda da Türkiye'nin hedefleri vardır. Mevcut durumda yaklaşık 19 milyar ton seviyesindeki linyit rezervinin 20 milyar tonun üzerine çıkartılması için çalışmalar devam etmektedir. Bununla beraber 2023'e kadar toplam 26 deniz sondajı yapılarak petrol ve doğal gaz arama çalışmaları da sürdürülecektir.(43)

Kurulu güç, üretim ve arama-sondaj faaliyetlerinin yanı sıra Türkiye'de enerji alanında önemsenen ve üzerinde durulan bir diğer konu da enerji verimliliğidir. Söz konusu alanda Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planı erevesinde Türkiye'nin ihtiyaçları ve potansiyeli bakımından gerçekçi hedefler koyulmuştur. Bu doğrultuda enerji verimliliği konusunda 2023'e kadar 10 milyar doların üzerinde yatırım yapılarak 2033'te 30 milyar dolar tasarruf sağlanması amaçlanmaktadır. Böylece 2023'te Türkiye'nin birincil enerji tüketiminin yüzde 14 oranında azaltılması hedeflenmektedir.(44)

KAYNAKLAR

1. https://www.metalurji.org.tr/dergi/dergi134/d134_73100.pdf
2. Doğanay, H., (1992), Ekonomik Coğrafya (Doğal Kaynaklar), Atatürk Üniversitesi Yayınları No: 740, Kazım Karabekir Eğitim fakültesi Yayınları No: 29, Erzurum. 3. DPT, (2007), “Türkiye’de Enerji Üretimi ve Tüketimi (1 ve 8. DPT Kalkınma Planları)”
4. Metin Külünk, Küreselleşen Dünya’da Türkiye, İstanbul, Kum Saati Yayınları, 2005, s. 218.
5. İKV, Avrupa Birliği’nin Enerji ve Ulaştırma Politikaları ve Türkiye’nin Uyum, İstanbul İktisadi Kalkınma Vakfı Yayınları, 2004, s. 53.
6. TÜRKİYE’NİN ENERJİ KAYNAKLARI ve ALTERNATİF BİR KAYNAK OLARAK RÜZGAR ENERJİSİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ , Koçaslan G. , İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul-2006
7. Doğanay, H. 1998. Ekonomik Coğrafya II, Enerji Kaynakları, Şafak Yayınevi, Erzurum.
8. Şahin, N. 2007. Türkiye’nin Doğal gaz Politikası, Ekonomik Sosyal Araştırmalar Dergisi
9. Üzeyir Garih, Türkiye Sorunlarına Çözüm Önerileri, İstanbul, Hayat Yayınları, 2000
10. Ş. Şen, “Karadeniz’deki Doğal Gaz Potansiyellerinin Değerlendirilmesi”, TÜBA–Doğal Gaz Çalıştay ve Paneli, 8-9 Ekim 2020.
11. Ş. Şen, “Natural Fracture, Cleat, and Strong Adsorption Impact on Low Oil and Condensate Retention in The Carboniferous Shales and Coals of The Western Black Sea Basin of Turkey”, AAPG Bulletin. 104, 10, 2125-2143, 2020
12. M. N. Yalçın, S. Inan, G. Gürdal, U. Mann, ve R. G. Schaefer, “Carboniferous Coals of the Zonguldak Basin (Northwest Turkey): Implications for Coalbed Methane Potential”, AAPG Bulletin, 86, 7, 1305-1328, 2002
13. A. M. Nikishin vd., “The Black Sea Basins Structure and History: New Model Based on New Deep Penetration Regional Seismic Data. Part 2: Tectonic History and Paleogeography”, Marine and Petroleum Geology, 59, 656-670, 2015
14. İKV, op. cit. , s. 32
15. Ali Kahriman, "Avrupa Birliği’ne Giriş Sürecindeki Türkiye Enerji Politikalarına Genel Bir Bakış
16. KURAL, O., Kömür, Kurtiş Matbaası, İstanbul. 1991
17. ÜNALAN, G., 2010. “Kömür Jeolojisi”. MTA Genel Müdürlüğü Eğitim serisi, Ankara
18. HİÇYILMAZ, C., ALTUN, E., “Improvements on combustion properties of asphaltite and correlation of activation energies with combustion results”, Fuel Processing Technology Volume 87, Issue 6 ,: 563- 570,2006
19. <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/582467>
20. DEMİRCİ S. ,ENERJİ KAYNAĞI OLARAK ASFALTİT: OLUŞUMU, İÇERİĞİ, TÜRKİYE REZERVLERİ, TEMİZLENMESİ Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, Cilt 8, Sayı 1, (2019)
21. <https://www.mta.gov.tr/v3.0/sayfalar/bilgi-merkezi/maden-serisi/UranyumToryum.pdf>
22. <https://malzemebilimi.net/turkiye-boru-389-yil-daha-isleyebilecek.html>
23. Türkiye’nin Enerji Görünümü, ÖZGÜR E.

24. Şenel, M. C., Koç Erdem, 2015, “Dünyada ve Türkiye’de Rüzgâr Enerjisi Durumu Genel Değerlendirme”, cilt 56, sayı 633
25. <https://www.iea.org/reports/offshore-wind-outlook-2019>
26. Türkiye’nin Enerji Görünümü, TENELER G.
27. <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/582467>
28. John O’m. Bockirs, T. Nejat Veziroğlu, Debbi L. Smith, Geleceğin Enerjisi Güneş ve Hidrojen, İstanbul, Kaynak Yayınları, 2001
29. https://www.mmo.org.tr/sites/default/files/TEG-2020-10_Hidroelektrik_Serpil%20Serdar.pdf
30. Erol Manisali, İçyüzü ve Perde Arkasıyla Türkiye AB İlişkileri, Avrupa Çıkmazı, İstanbul, Otopsi Yayınları, 2003
31. Kemik, E. Jeotermal Kaynakları ve Jeotermal Enerji Santralleri Araştırma Raporu. GEKA, 2011
32. http://www1.mmo.org.tr/resimler/dosya_ekler/a0819e9e2f84a52_ek.pdf
33. Orhan Zeybek, Metin Akın, Sebahat Akın, “Yenilenebilir Enerji Kaynağı Biyogaz ve Üretimi”, Enerji Verimliliği ve Kalitesi Sempozyumu (EVK) 2005, Kocaeli, Kocaeli Elektrik Mühendisleri Odası Yayınları, 2005
34. Toklu E., 2017, “Biomass Energy Potential and Utilization in Turkey”, Renewable Energy,
35. TÜRKİYE’DE BİYOKÜTLE ENERJİSİ , İLLEEZ B.
36. Pınar Akay, "Enerji Kaynakları ve Yenilenebilir Enerji"
37. Önöz, B. & Kabdaşlı, S. & Yeğen, B. & Yılmaz, A. & Babaç, G. & Albostan, A. & Varol, E. (2011), Türkiye Kıyılarında Dalga Enerji Potansiyelinin Belirlenmesi, İstanbul Teknik Üniversitesi Mühendislik Dergisi, Cilt: 10, Sayı: 5, Sayfa: 181-192, İstanbul.
38. Kapluhan, E. (2014). Enerji Coğrafyası Açısından Bir İnceleme: Dalga Enerjisinin Dünyada’ki ve Türkiye’deki Kullanım Durumu, Uluslararası Avrasya Sosyal Bilimler Dergisi, Cilt: 5, Sayı: 17
39. <https://www.encazip.com/dalga-enerjisi-nedir>
40. Oğuzhan İlgen, A. Nilgün Akın, "Biyokütle ve Hidrojen Enerjisi", Enerji Verimliliği ve Kalitesi Sempozyumu (EVK) 2005, Kocaeli, Kocaeli Elektrik Mühendisleri Odası Yayınları
41. Veziroğlu, T.N., “Karadeniz Dip Sularının Hidrojen Enerjisi Potansiyeli”, 5.Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu İstanbul (2004).
42. http://www1.mmo.org.tr/resimler/dosya_ekler/8188c7e9965c217_ek.pdf
43. “On Birinci Kalkınma Planı”, Türkiye Cumhuriyeti Cumhurbaşkanlığı-Strateji ve Bütçe Başkanlığı, <http://www.sbb.gov.tr/kalkinma-planlari>,
44. KAVAZ İ. TÜRKİYE’NİN ENERJİDE GELECEK VİZYONU, ARALIK 2019 . SAYI 252
45. <https://rise.esmap.org/data/files/library/turkey/EE%20Pillar/EE1.1.pdf>
46. GLASER, A. (2011). “After Fukushima: Preparing for a More Uncertain Future of Nuclear Power”, July, Vol. 24, Issue 6.