

**T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
OFM
FİZİK ÖĞRETMENLİĞİ**

**ALAN EĞİTİMİNDE
ARAŞTIRMA PROJESİ**

Yenilenebilir Enerjiler

Hazırlayanlar :

Duygu Ceylan Erdoğan

Burcu Seçgin

Öğretim Elemanı Adı-Soyadı :

RIZA DEMİRBİLEK

İSTANBUL,2008

İÇİNDEKİLER

1. GİRİŞ.....	1
2. YENİLENEBİLİR ENERJİ NEDİR?	1
3. TÜRKİYE VE DÜNYA'DA ENERJİ	2
4. YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI.....	3
4.1 GÜNEŞ ENERJİSİ.....	3
4.1.1 Güneşten Elektrik Üretimi	5
4.1.2 Güneşten Isıl Elektrik Üretim Sistemi	6
4.2 JEOTERMAL ENERJİ.....	6
4.2.1 Dünya'da Jeotermal Enerji	6
4.2.2 Türkiye'de Jeotermal Enerji.....	6
4.3 BİYOKÜTLE ENERJİSİ.....	7
4.3.1 Biyokütle Kaynakları.....	7
4.4 OKYANUS ENERJİSİ:	9
4.4.1 Dalga Enerjisi:	9
4.4.2 Okyanus Isısı Enerjisi:.....	10
4.4.3 Gel-git Enerjisi:.....	10
4.5 RÜZGAR ENERJİSİ.....	12
4.5.1 Rüzgardaki Hız-Enerji Bağlantısı	12
4.5.2 Kanat Alanı	13
4.5.3 Kule Yükseklikleri	13
4.5.4 Rüzgar Türbini Çeşitleri.....	13
4.5.5 Rüzgar – Hidrojen Hibrid Sistemler	14
4.5.6 Rüzgar – Fotovoltaik Hibrid Sistemler	14
4.5.7 Rüzgara Etki Eden Faktörler	15
4.5.8 Rüzgar Türbinlerinin Çevreye Etkisi	15
4.5.9 Rüzgar Enerji Santrali (RES) İşletmeciliği	17
4.6 HİDROELEKTRİK ENERJİ	18
4.6.1 Hidroelektrik Enerjinin Dünya'daki Durumu	18
4.6.2 Hidroelektrik Enerjinin Türkiye'deki Durumu	18
4.6.3 Avantajları ve Dezavantajları	19
4.7 HİDROJEN ENERJİSİ	19
4.7.1 Yakıt Pilleri	19
4.7.2 Hidrojen Enerjisinin Türkiye'deki Durumu	20
4.7.3 Karadeniz Dip Suları Ve Hidrojen Sülfür	20
4.7.4 Hidrojen Enerjisinin Avantajları ve Dezavantajları.....	21
5. SONUÇ VE TARTIŞMA.....	21
6. KAYNAKLAR	23

1. GİRİŞ

19. yüzyıldan sonra hızlı sanayileşme ve kentleşme sonucunda açığa çıkan sera gazlarının güneş ışınlarını geri yansıtması nedeniyle yeryüzünde ve atmosferin alt bölümlerinde oluşan sıcaklık artışına küresel ısınma adı verilmektedir (Akaydın, 2005). Başka bir tanıma göre, fosil yakıtların yoğun bir şekilde yakılması ile başta karbondioksit olmak üzere, atmosferde sera gazlarının giderek artması ve buna bağlı olarak dünyamızın ısınması, sera etkisi (küresel ısınma) olarak tanımlanmaktadır. Sera etkisi yapan gazlar arasında, karbondioksit, metan, karbon monoksit, hidrokarbonlar ve klorofloro karbonlar sayılabilir (Kumbur ve ark., 2005).

Küresel ısınmanın en büyük nedeni atmosfere salınan karbondioksit miktarındaki artmadır. Akaydın'a (2005) göre atmosferik CO₂ konsantrasyonu 1750 yılından bu yana % 31 düzeyinde artmıştır. CO₂ konsantrasyonundaki artışın % 75'lik kısmı son yirmi yılda insan faaliyetleri sonucu fosil yakıtların, kalan % 25'lik kısım ise orman alanlarının azalması gibi yüzey özelliklerinin etkisiyle meydana gelmiştir. Antropojenik (insan faaliyetleri sonucu oluşan) CO₂ emisyonunun yarıya yakın bir kısmı yer ve atmosfer tarafından emilmektedir. Son 20 yıl boyunca atmosferik CO₂ konsantrasyonundaki artış 1.5 ppm/yıl düzeyinde olmuştur ki bu, toplam konsantrasyonun % 0.4'üne karşılık gelmektedir. 1990'ların başında 0.9 ppm/yıl olarak ölçülen artış, 1990 sonlarında 2.8 ppm/yıl'a kadar çıkmıştır.

Endüstriyel faaliyetler sonucunda her yıl atmosfere yaklaşık 20 milyar ton CO₂, 100 milyon ton kükürt bileşikleri, 2 milyon ton kurşun ve diğer zehirli kimyasal bileşikler salınmaktadır. Özellikle kömür ve petrol gibi fosil yakıtlardan havaya atılan kükürt dioksit, azot oksitler ve karbon gazları, yağmur damlaları ile birleştirilerek sırayla sülfürik asit, nitrik asit ve karbonik asit oluşturur. Asit yağmurlarının Atmosfere salınan bu zehirli gazlar hem küresel ısınmaya sebep olan sera etkisine yol açmakta, hem de asit yağmurları şeklinde yeryüzüne inip toprağı, havayı, suyu kısacası bütün canlıları zehirlenmektedirler (Kumbur ve ark., 2005).

Küresel ısınma, toplumun her kesiminden insanlar tarafından son zamanlarda en çok konuşulan konulardan biridir. Kışların eskiye oranla daha az soğuk ve yağışsız, yazların ise çok sıcak, nemli ve kurak geçmesinin nedenin küresel ısınmadan dolayı olduğu artık herkes tarafından bilinmektedir. Küresel ısınmanın yerküreye verdiği etkiler hepimizin bildiği gibi yerküremizin ısınması, buzulların kalınlıklarının azalması, deniz seviyesindeki artış, şiddetli yağış ve kuraklıkların meydana gelmesidir. Bu etkiler sonunda dünyanın bazı bölgelerinde su baskınları olup yerleşim yerlerinin sular altında kalacağı, bazı bölgelerde ise kuraklıktan dolayı insanlar arasında su savaşlarının çıkacağı belirtilmektedir. Fosil yakıt tüketiminin aynı hızla sürmesi sonucunda, önümüzdeki 50 yıl içinde dünyamızın sıcaklığının 5 derece artacağını ve bunun da büyük felaketlere yol açacağını göstermektedir (Kumbur ve ark., 2005).

Enerji ihtiyacının büyük bölümünü karşılayan fosil yakıtlar gün geçtikçe azalmaktadır. Dünyanın sahip olduğu petrol, kömür ve doğal gaz gibi fosil yakıtların özellikle 20. yüzyılda yoğun bir şekilde kullanılması ile ozon tabakası delinmesi, asit yağmurları, küresel ısınma gibi etkileri, dünyayı belki de geriye dönüşü zor bir çevre kirliliği ile karşı karşıya bırakmıştır. Ayrıca fosil yakıtların sonlu bir rezerve sahip olması nedeni ile önümüzdeki yıllarda bu yakıtların tamamen tükeneceği de bilinmektedir (Kumbur ve ark., 2005).

Fosil yakıtların kullanımını azaltmanın yolu da yeni enerji kaynakları bulmaktır. Bu yüzden günümüzde yenilenebilir enerji kaynağı kavramı ortaya çıkmıştır.

2. YENİLENEBİLİR ENERJİ NEDİR?

Yenilenebilir enerji, "enerji kaynağından alınan enerjiye eşit oranda veya kaynağın tükenme hızından daha çabuk bir şekilde kendini yenileyebilen enerji kaynağı" olarak tanımlanır (Akaydın, 2005). Uyar (2004)'e göre de Yenilenebilir enerji, "doğanın kendi evrimi içinde, bir sonraki gün aynen mevcut olabilen enerji kaynağı" olarak

tanımlanıyor. Yenilenebilir enerjilerin diğer enerji türleri gibi (kömür, petrol, doğalgaz vb.) bitip tükenme gibi riskleri yoktur, sonsuzdurlar. Bu enerji türüne “torunlarımıza kalacak enerji” de diyebiliriz. Ayrıca yenilenebilir enerji kaynaklarının fosil yakıtlara avantajı, çevreyi kirliletmemesi, doğaya ve canlılara dost olmasıdır. Buna karşılık dezavantajları da var. Coğrafi olarak her yerde bol bulunmuyorlar; ayrıca yoğun enerji formları olmamaları nedeniyle geniş alanlardan toplanmak zorundalar. Ancak daha hızlı gelişmelerinin önündeki en büyük engeller, hidro ve rüzgâr dışındakilerin şimdilik pahalı olmaları yanında, mevcut enerji üretim ve tüketim sistemlerinin değişikliklere yavaş yanıt veriyor olması (Altın, 2002).

Yenilenebilir enerji kaynaklarını şu şekilde sıralayabiliriz: Güneş enerjisi, rüzgar enerjisi, jeotermal enerji, biyokütle enerjisi, okyanus enerjisi, hidro enerji ve hidrojen enerjisi.

Fosil yakıtları esas alan enerji kullanımı; yakıt konusunda dışa bağımlılık, yüksek ithalat giderleri ve çevre sorunları gibi önemli olumsuzlukların yanında, dünya fosil yakıt rezervlerinin hızla tükenmesi sebebiyle yenilenebilir enerji kaynaklarının önemini arttırmaktadır (Kumbur ve ark., 2005).

Yenilenebilir enerji kaynakları, sürekliliği nedeni ile sürdürülebilir olmasının yanında dünyanın her ülkesinde bulunabilmesi ile de büyük önem taşımaktadır. Ayrıca çevresel etkileri, yenilenemeyen enerji kaynaklarına oranla çok azdır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı, mevcut teknik ve ekonomik sorunların çözümlenmesi halinde 21. yüzyılda en önemli enerji kaynağı olacağı kabul edilmektedir (Kumbur ve ark., 2005).

3. TÜRKİYE VE DÜNYA'DA ENERJİ

Günümüz dünyasında güneş, rüzgar, jeotermal, modern biyomas ve küçük hidrolik kaynaklar gibi yenilenebilir enerji kaynaklarından sağlanan enerji, toplam enerji talebinin ancak % 1,9'unu karşılamaktadır. Buna geleneksel biyomas ve büyük güçlü hidroelektrik santrallerin üretimi katıldığı zaman, oran % 17,7'ye yükselmektedir. Geri kalan enerji talebi birincil fosil yakıt kaynaklarından sağlanmaktadır. Bu talebin karşılanmasında hızla tükenen ve bilinen rezervlerinin ömrü 60 yılı geçmeyen petrol ve doğal gaz kaynakları yanında, rezervi gelecek 200 yıldan fazla yetecek düzeyde olan kömür yatakları önem taşımaktadır. Konuya Türkiye boyutunda bakıldığında, ülkemiz hemen hemen tüm konvansiyonel enerji kaynaklarına sahip bulunmaktadır. Ancak, bu kaynaklar dünya rezervleri ile karşılaştırıldığında kalite ve miktar olarak yetersiz oldukları görülmektedir. Türkiye, özellikle akışkan fosil yakıt (petrol + doğal gaz) rezervleri bakımından fakir bir ülkedir. Buna karşın ülke çapında önemli sayılabilecek kömür rezervleri vardır. Türkiye'deki linyit rezervi dünya linyit rezervinin % 2'sini oluşturmaktadır. Yenilenebilir kaynaklar grubunda yer alan hidrolik, jeotermal ve güneş enerjisi potansiyeli açısından Türkiye, varlıklı ülkeler grubuna girmekte olup, brüt hidroelektrik potansiyeli ile dünya hidrolik potansiyeli içerisinde % 1,2 paya sahiptir. Ekonomik hidroelektrik potansiyeli de Avrupa potansiyelinin % 14'ü kadardır [1].

Ülkemizdeki enerji tüketimi 2005 yılı sonu itibarıyla yıllık ortalama 92,5 milyon ton eşdeğer petrol (MTEP), 2006 yılı sonu toplam elektrik enerjisi üretimi 175,7 milyar kWh ulaşmıştır. Bu dönemde yurtiçi toplam elektrik enerjisi talebi (brüt talep) ise 174 milyar kWh'e olarak gerçekleşmiştir. 2006 yılında elektrik enerjisi üretiminin % 44'ü doğal gazdan; % 25,1'i hidrolikten; % 18,4'ü linyitten; % 6,3'ü ithal kömürden; % 3'ü fuel-oil'den; % 1,6'sı taşkömüründen ve % 1,1'i naftadan elde edilmiştir. 2006 yılında % 54,7'lik kısmı ithal kaynaklardan sağlanan ülkemiz elektrik enerjisi, üretiminin % 74,7'lik kısmı termik santrallerde gerçekleştirilmiştir (Güner ve Albostan, 2007).

Türkiye güneş, rüzgar, jeotermal, biyokütle, hidro enerji gibi yenilenebilir kaynaklar açısından zengin olmasına karşın, yenilenebilir enerjiler için resmi hedefler yoktur; fosil yakıt bağımlılığını daha da arttıracak enerji tesislerinin ithalini sağlayan ihale planları vardır. Türkiye'de elektrik enerjisinin %70'i çevre kirliliği yaratan ve küresel

ısınmaya yol açan fosil yakıtlardan (%31-doğal gaz; %29-linyit, %10 petrol türevleri, taş kömürü, vb.) elde edilmektedir (Kumbur ve ark., 2005).

Dünyamızda enerji ihtiyacı her yıl yaklaşık olarak %4-5 oranında artmaktadır. Buna karşılık bu ihtiyacı karşılamakta olan fosil yakıt rezervi ise çok daha hızlı bir şekilde tükenmektedir. Ayrıca fosil yakıtların kullanımı dünya ortalama sıcaklığını da son bin yılın en yüksek değerlerine ulaştırmış, yoğun hava kirliliğinin yanı sıra milyonlarca dolar zarara yol açan sel/fırtına gibi doğal afetlerin gözle görülür biçimde artmasına sebep olmuştur [2].

2020 yılında dünyada üretilen elektriğin yüzde 50'sinin yenilenebilir kaynaklardan olması planlanıyor. 2010 yılında kullanılacak elektrik enerjisinin yüzde 10'u ise rüzgardan sağlanacak. Bunun dışında dünyada pek yaygın olmayan başka yenilenebilir enerji kaynakları da bulunuyor. Dalga, gel-git, çöpten sağlanan metan gazı ve kanalizasyon ısısından da ısınma ve elektrik üretimi için enerji elde edilebiliyor. Doğaya saygılı enerji kaynaklarının kullanımı arttıkça, yeni enerji kaynakları konusunda yapılan araştırma faaliyetleri de artıyor (Uyar, 2004).

Karaosmanoğlu (2003), "Ulusal Enerji Forumu"ndaki bildirisinde, devletimizin yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelik politikasının yetersiz olduğunu, oluşturulan politikalarda hidrolik dışındaki yenilenebilir enerji kaynaklarının hiç hesaba katılmadığını söylüyor. Karaosmanoğlu'na (2003) göre ülkemizin toplam gereksinimine çok yakın miktarda, ekonomik olarak kullanılabilir yenilenebilir enerji kaynakları mevcut olmasına rağmen, biz bu ulusal geliri etkin olarak kullanmamaktayız. 1999 yenilenebilir enerji kaynaklarının genel enerji tüketimimiz içindeki payı %8,9 ve bu miktar toplam kömür üretimimizden sonra ikinci en büyük paya sahiptir.

Tablo 1: Dünyada Fosil Yakıt Rezervlerinin Kullanılabilme Süreleri (Kırtlar ve Ark., 2007)

Bölge (yıl)	Petrol (yıl)	Doğalgaz (yıl)	Kömür (yıl)
Kuzey Amerika	43,5	11,2	269
Latin Amerika	9,1	75,2	240
OECD Üyesi Avrupa	19,9	25,8	192
OECD Dışı Avrupa	95,1	68,9	329
Orta Doğu Afrika	25,1	>100	325+
Asya ve Okyanusya	17,6	53,0	171
Toplam Dünya	43,1	64,9	236

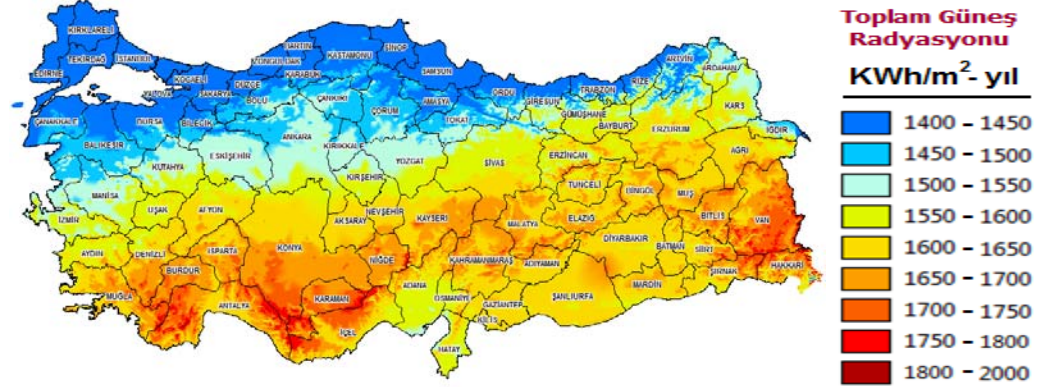
4. YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI

4.1 GÜNEŞ ENERJİSİ

Güneş enerjisi; güneşten gelen ve dünya atmosferi dışında şiddeti sabit ve 1370 W/m² olan ve yer yüzeyinde 0-1100 W/m² değerleri arasında değişen yenilenebilir bir enerji kaynağıdır. Isıtmadan soğutmaya ve elektrik üretiminde kontrollü olarak kullanılabilir. Ülkemizin yıllık güneşlenme süresi ortalama olarak 2640 saattir. Maksimum güneşlenme 362 saat ile Temmuz ayında, minimum güneşlenme süresi ise 98 saat ile Aralık ayında görülmüştür. Güneş enerjisinden elektrik üretimi doğrudan dönüşüm ve dolaylı dönüşüm olmak üzere iki ayrı yöntemle gerçekleştirilir Güneş enerjisi günümüzde: konutlarda ve iş yerlerinde, tarımsal teknolojide, sanayide, ulaşım araçlarında, iletişim araçlarında, sinyalizasyon ve otomasyonda, elektrik enerjisi üretiminde

kullanılmaktadır. Türkiye güneş potansiyeli açısından oldukça zengin bir ülkedir. Yıllık ortalama güneş enerjisi 1315 kWh/m²'dir. Türkiye'nin tüm yüzeyine gelen enerji miktarı 1025-1012 kWh olmaktadır. Bu miktar Türkiye'nin 1996 yılında ürettiği toplam elektrik enerjisinin yaklaşık 11000 katına denk gelmektedir. Ülkemizdeki toplam kurulu güneş pili gücü 2000 yılı içinde 250 kWp kadardır (Kumbur ve ark., 2005).

Tablo 2: Türkiye'nin aldığı toplam güneş radyasyonu*



* Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü, 2008. (<http://www.eie.gov.tr/>)

Tablo 3: Türkiye'de Bölgelerin Yıllık Güneşlenme Süreleri (Yılmaz, 1997)

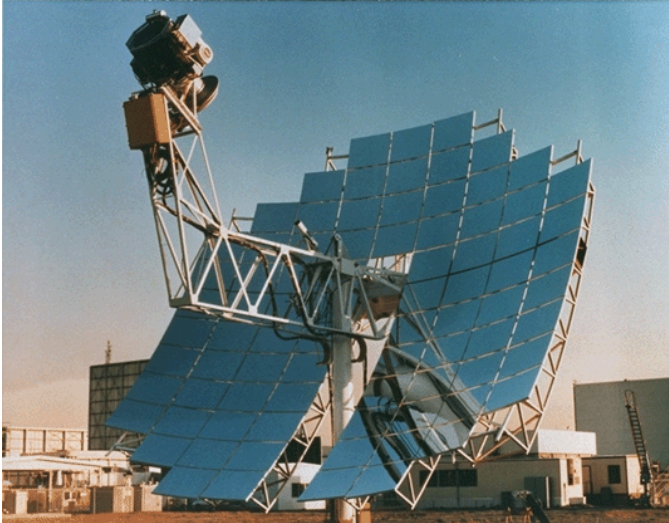
Bölge	Yıllık Güneşlenme Süresi (saat)
Güneydoğu Anadolu Bölgesi	3016 saat
Akdeniz Bölgesi	2923 saat
Ege Bölgesi	2726 saat
İç Anadolu Bölgesi	2712 saat
Doğu Anadolu Bölgesi	2693 saat
Marmara Bölgesi	2528 saat
Karadeniz Bölgesi	1966 saat

Bu enerjiden yararlanmak için, binaların ve yerleşim birimlerinin mimarisini bu amaca yönelik olarak şekillendiren "pasif yöntemler"e ek olarak, halen uygulamada olan iki aktif yöntem vardır. Bunlardan birincisi, güneş ışınlarının enerjisini ısıya çevirmek. Yüzeği güneş ışınlarını emen bir maddeyle kaplı olan ısı toplayıcıları, içlerinden geçirilen suyu ısıtır ve bu su, konut ve işyerlerinin sıcak su gereksinimine destek verir. Halen en yaygın olan güneş enerjisi uygulaması bu ve Türkiye de, dünyanın önde gelen toplayıcı üreticilerinden biri. Birim enerji maliyeti, yıldaki güneşli gün sayısına bağlı olarak 2-13 cent/kws aralığında değişir. Bu yöntemle buhar elde etmek istenildiğinde, gereken sıcaklıkları sağlayabilmek için ışınları yoğunlaştırmak gerekir. Bunu gerçekleştiren ve güneşin konumunu bilgisayar yardımıyla otomatik olarak izleyen parabolik aynalar, topladıkları ışınları, içinden su geçirilen emici yüzeyli boruların üzerine düşürürler (Altın, 2002).

Güneşin ulaştığı yere bir düz depolayıcı koyulduğunda bunun ısıyla 70-80 derece su elde etmek mümkün. Bugün bu sistem, Türkiye'de yaygın olarak, ancak verimsiz kullanılıyor. Oysa İsveç gibi güneşi çok az gören bir ülkede bile dışarıda sıcaklık -4 dereceyken güneş toplayıcısından 70 derece su elde edilebiliyor [3]. Türkiye'deki Düzlemsel güneş kolektörleri kullanım yoğunluğu 0,15 m²/kişi'dir. Zengin potansiyel ve nüfusumuz düşünüldüğünde bu değerin 0,5 m²/kişi'ye ulaşması (30-35 milyon m²) mümkündür [4].

Diğer yöntem güneş ışınlarının enerjisini doğrudan elektriğe çevirmek. Bu işlem, fotovoltaik hücrelerden oluşan paneller aracılığıyla olur. Fotovoltaik (PV) hücreler yardımıyla gün ışığı doğrudan elektriğe çevrilir. Fotovoltaik paneller, pek çok ülkede ev ve işyerlerinin çatılarına monte edilebilmektedir. Başta Almanya ve ABD olmak üzere, pek çok ülkede de daha büyük ölçekte daha geniş kitlelerin kullanımına uygun sistemler inşa edilmektedir (Altın, 2002).

Güneşten daha yüksek ısı elde etmek için (130°C proses ısı) gelen ışınımın çeşitli yansıtma teknikleriyle bir nokta veya çizgiye odaklanması gerekiyor. Bu da bir yoğunlaştırıcı, odaklı toplayıcı yardımıyla yapılıyor. Böylece dağınık enerji kaynağı odaklanarak, 130°C buhar elde etmek üzere kullanılabilir. Bununla da ısınma sağlanabilir. Güneş dünyadan yaz ve kış aylarında farklı konumlarda görünür. Mimari tasarımlarda, yaz aylarında güneşin evin içine girmesini engelleyen, kış aylarında ise içeriye girmesini sağlayan pasif sistemler de tasarlanabilir. Burada asıl amaç, mevcut işleri daha az enerjiyle yapabilmek. Avrupa Birliği Enerji Bakanları yenilenebilir kaynakların 2010 yılına kadar, birliğin toplam elektrik enerjisi üretimindeki payının %22'ye çıkartılmasını hedefliyor. Bu kararlı adımlar, diğer kaynaklardan sübvansiyon gerektiriyor. Nitekim Almanya, fosil kaynaklardan 5 sente elde edebildiği kilowattsaat elektriğin, güneşten elde edilenine 45 sentin üzerinde fiyat ödemeyi taahhüt ediyor. Çünkü bu ülkeler; mevcut enerji tüketim pastasının ve atmosfer emisyonlarının oransız büyük bir kısmından sorumlu olduklarının farkındalar. Kişi başına ortalama karbon emisyonu, dünya genelinde yaklaşık 1 ton iken, AB için 2.4, ABD için 5.6 ton, Türkiye içinse 0.8 ton'dur [5].



Resim 1: Güneşten elektrik üretimi



Resim 2: güneş enerjisini kullanarak enerji ihtiyacını karşılayan bir bina

4.1.1 Güneşten Elektrik Üretimi

Güneşten elektrik üretmek için yarı iletken malzemelerin özelliğinden yararlanılıyor. Yarı iletken malzemelerde elektronlar atomlarına gevşekçe bağlı. Yalıtkan malzemede bu elektronlar sıkıca bağlı; iletken malzemede ise serbest dolaşımdalar. Güneşten gelen ışınımın enerjisi foton dediğimiz kümelerden oluşuyor. Foton miktarında enerji bir yarı iletken tabakasında gevşekçe bağlı olan elektronları serbestleştiriyor. İkinci bir yarı iletken tabakasıyla oluşturulan gerilim farkı yardımıyla serbestleşen elektronları hareketlendiriyor. İki yarı iletken tabakanın dışına birer kablo bağlayıp elektronların geçişine izin verdiğinizde bu gerilimden elektrik üretebiliyorsunuz.

Bu yolla üretilen elektrik, şebekede kullanılanla aynı kalitede. Binaların yüzeylerine ve çatısına monte edilen beş adet güneş pili modülüyle bir evin elektrik gereksinimi karşılanabilir.

Bu sistem halen kamu desteği olmadan tüketici için ekonomik olmasa da, kullanım arttıkça maliyet düşüyor. Fotovoltaik sistem olarak adlandırılan güneş pilleri modülleri Türkiye'de az da olsa bazı müstakil evlerde, bazı telefon kuruluşlarının aktarıcı istasyonlarında kullanılıyor. Güneş pilleri de saatlerde ve hesap makinelerinde başarıyla uygulanıyor (Uyar, 2004).

Halen, Avrupa ve ABD'de 300-500 kw kapasiteli birkaç deneme santrali, Japonya'daysa 150 Mw kurulu güç var. %12-16 aralığında olan verimlerin %20-30 düzeylerine çıkartılmasına çalışılırken, üreticiler talebin az, dolayısıyla da üretim hacminin küçük olması nedeniyle maliyetlerin yüksek olduğunu savunuyor. Bu yüzden ABD'de Clinton yönetimi, 1 milyon konutun çatısının fotovoltaiklerle kaplanmasına yönelik, vergi teşvikleri içeren bir programı başlatmış bulunuyor (Altın, 2002).

4.1.2 Güneşten Isıl Elektrik Üretim Sistemi

Bu çok ekonomik bir sistem. Güneş ışınımının 500 aynayla yansıtıldığı bir kulede çok yüksek sıcaklıklara ulaşılabilir. Bu kuleden geçirilen bir akışkan yardımıyla elde edilen buhardan da elektrik üretiliyor (Uyar, 2004).

4.2 JEOTERMAL ENERJİ

Jeotermal Enerji, yerkabuğunun ince olduğu yerlerden çıkan sıcak sulara ve gayzerlere dayalı bir enerji türüdür. Kaynağını, 1.500-10.000m derinliklere yaklaşan magmanın derin yeraltı sularını ısıtmasından alır. Elektrik enerjisi üretimi için gerekli sıcaklıklara nadir yerlerde rastlanmakla beraber, ısıtma gereksinimine yönelik olarak kullanılabilir. Güvenilir bir kaynak olup zamanın ortalama %97'sinde kullanıma hazırdır. Dünyada halen 6.000MW kurulu kapasite var. Bunun 2,500MW'ı ABD'de ve bu kapasitenin 2010'da 12.000, 2030'da da 49.000Mw'a çıkartılabileceği söyleniyor. Birim üretim maliyeti 4,5-7 cent/kws civarında (Altın, 2002). Son hesaplamalara göre gezegenimizin çekirdeğindeki ısı inanılmaz derecede, 5500 °C'dir (Denizhan, 2008).

Yeraltındaki sıcak su kaynaklarının yüzeye yakın oldukları yerlerde sıcak su doğrudan doğruya ısıtma ihtiyacı hissedilen yerlere pompalanabilir. Bu, evlerin ve seraların ısıtılmasında kullanılacak sıcak su için hatta yollardaki karların eritilmesinde jeotermalin kullanıldığı bir yöntemdir. Kolayca ulaşılabilir jeotermal rezervlerinin olmadığı yerlerde bile ısı pompaları yeryüzüne ve binalara ısı pompalayabilir. Bu neredeyse her yerde işe yarar. Çünkü yeraltındaki ısı yıl boyunca neredeyse hep aynı kalır ve bu sistem kışın binaların ısıtılmasında yazın da soğutulmasında yardımcı olur (Denizhan, 2008).

4.2.1 Dünya'da Jeotermal Enerji

Jeotermal akışkandan elektrik üretimi dünyada ilk olarak 1904 yılında İtalya'da gerçekleştirilmiş ve bugün İtalya, Amerika, Japonya, Filipinler ve Yeni Zelanda başta olmak üzere 22 ülkenin jeotermal kaynaklı elektrik üretimi 8274 MW' ulaşmıştır. Dünyadaki jeotermal enerjinin doğrudan kullanımı (ısıtma, termal turizm, kültür balıkçılığı vb.) ise 11300MW'dir. Dünya'da 2 Milyon konut eşdeğerinin üzerinde jeotermal ısıtma yapılmaktadır. Jeotermal enerji üretim maliyeti, diğer enerji kaynaklarına oranla düşüktür [1].

4.2.2 Türkiye'de Jeotermal Enerji

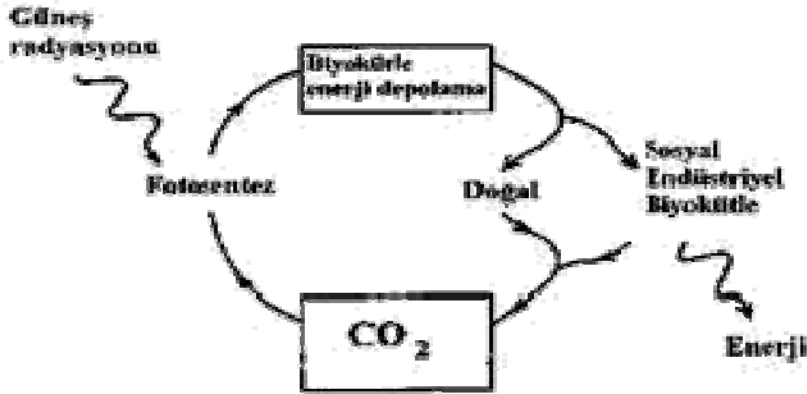
Türkiye'de yüksek sıcaklıklı jeotermal akışkan içeren sahalar Ege Bölgesinde veya genelde Batı Anadolu'da yer almakta, düşük ve orta sıcaklıklar da Orta ve Doğu Anadolu'da yer almakla birlikte Türkiye'nin kuzeyine de uzanmaktadır. Kısaca Türkiye'nin tüm sathında jeotermal enerji az veya çok mevcuttur. Türkiye'de 40°C 'nin üzerinde jeotermal akışkan içeren 140 adet jeotermal saha bulunmaktadır. Bu sahaların 136 tanesi merkezi ısıtmaya, sera ısıtmasına, endüstriyel proses ısı kullanımına ve kaplıca kullanımına uygundur. Diğer 4 sahanın teknik ve ekonomik olarak elektrik üretimine uygun olduğu saptanmıştır. 200°C 'de üretilen su, elektrik enerjisi üretiminde kullanıldıktan sonra sera ısıtması ve kuru buz üretiminde kullanılmaktadır. Ayrıca santralde buhardan

ayrıştırılan karbondioksit gazı atmosfere verilmeyip santrale entegre olan Kar boğaz Şirketi tarafından 40.000 ton sıvı CO₂ ve kuru buza dönüştürülmektedir. Bunlardan Aydın-Germencik (200-232°C), Denizli-Kızıldere (200-212 °C), Çanakkale-Tuzla (173 °C), Aydın-Salâvatlı (171 °C) elektrik üretimine yönelik olarak değerlendirilebilecek sahalara, diğerleri ise merkezi ısıtmaya uygun sahalardır. Türkiye'de jeotermal ısıtma 1964'de Gönen Park Otel'le başlayıp günümüze kadar hızla gelişerek devam etmiş ve 1994 yılında toplam kapasite 20.000 konut eşdeğerine ulaşmıştır. Simav'da jeotermal akışkan 4 km taşınarak 2°C kayıpla şehir merkezine götürülmüştür. Jeotermal enerjide üretim maliyeti diğer enerji kaynaklarına göre çok daha düşüktür [1].

Jeotermal enerjinin elektrik üretiminde kullanılması, ekonomik açıdan en önemli olan kullanım şeklidir. Elektrik enerjisi elde edebilmek için gerekli ön araştırmaların ve tesis masraflarının çok yüksek olmasına karşın kurulduktan sonra çok düşük maliyetle işletilmesi de en büyük avantajlardandır [1].

4.3 BİYOKÜTLE ENERJİSİ

Biyokütle, yeşil bitkilerin güneş enerjisini fotosentez yolu ile kimyasal enerjiye dönüştürerek depolaması sonucu meydana gelen biyolojik kütle ve buna bağlı organik madde kaynakları olarak tanımlanmaktadır. Karbon içeren organik maddeler oksijenle reaksiyona girdiklerinde ısı açığa çıkartılır. Şekil1'de doğal biyokütle çevrimi görülmektedir [6].



Şekil 1: Doğal Biyokütle Çevrimi

Organik madde ihtiva eden artıkların mikrobiyolojik yönden değerlendirilmesi hem çevre kirliliğine yol açmaması, hem de temiz enerji üretimi sağlaması bakımından önem taşımaktadır. Özellikle gelişmekte olan ülkelerde kullanımı en yaygın olan kaynak biyokütledir. Dünya enerji tüketiminin yaklaşık % 15'i, gelişmekte olan ülkelerde ise enerji tüketiminin yaklaşık %43'ü biyokütleden sağlanmaktadır. Biyokütle; her yerde yetiştirilebilmesi, çevre korunmasına katkısı, elektrik üretimi, kimyasal madde ve özellikle taşıtlar için yakıt olabilmesi nedeni ile stratejik bir enerji kaynağı olarak sayılmaktadır. Biyokütle kaynakları arasında yer alan odun, hayvan ve bitki artıkları ülkemizde uzun yıllardan beri (özellikle kırsal kesimdeki konutlarda) alan ısıtma ve yemek pişirme amaçlı olarak kullanılmaktadır. Bu geleneksel enerji kaynağı konutlardaki enerji tüketiminin % 40 kadarını oluşturmaktadır [6].

4.3.1 Biyokütle Kaynakları

Biyokütle kaynaklarını, karalardan denizlere kadar hemen her yerde bulmak olanaklıdır. Doğal olarak yetişen kaynakların yanı sıra, son yıllarda yalnız bu kaynağı elde etmeye yönelik çalışmalar da başlamıştır. Doğada var

olan ormanlar, hayvan dışkıları ve bitki atıkları zaten uzun yıllardır, özellikle gelişmekte olan ülkelerin kullandığı temel biyokütle kaynaklarıdır [7].

Yeni-yenilenebilir enerji kaynakları içinde en büyük teknik potansiyele biyokütle sahiptir. Biyokütle enerji teknolojisi kapsamında; odun (enerji ormanları, ağaç artıkları), yağlı tohum bitkileri (ayçiçek, kolza, soya v.b), karbo-hidrat bitkileri (patates, buğday, mısır, pancar, v.b), elyaf bitkileri (keten, kenaf, kenevir, sorgum, vb.), bitkisel artıklar (dal, sap, saman, kök, kabuk v.b) değerlendirilmektedir [7].

Türkiye'de bu gün değerlendirilemeyen bir çok tarım atığı bulunmaktadır. Bunun başlıca nedenleri arasında, dağınık şekilde bulunan bu atıkların taşıma ve işçilik maliyetleri gelmektedir. Bunların yanında nispeten çorak arazilerde kurulacak enerji tarlalarından alınacak ürünle bunların birlikte değerlendirilmeleri maliyetleri düşürecektir Burada bazı biyokütle kaynakları üzerinde durulacaktır [7].

- **Yüksek Verimli Enerji Bitkileri**

Son yıllarda, yüksek büyüme hızlarına sahip ve oldukça verimsiz topraklarda bile yetişebilen enerji bitkileri üzerine yapılan çalışmalar yoğunlaşmıştır. Bu bitkilerle, günümüzde enerji tarımı olarak da tanımlana bilen yeni bir tarım türü geliştirilmiştir. Bu tarımda kullanılan bitkilerin bazılarının tohumları artık genetik mühendisliği yardımıyla geliştirilmektedir. Bu bitkiler arasında şekerkamışı, mısır, şeker pancarı gibi iyi bilenen ürünler yanında, ülkemizde fazla tanınmayan Miscanthus, sorgum gibi bazı ürünler de bulunmaktadır. Bu bitkilerin özellikleri C4 tipi bitki gurubu olarak adlandırılmaktadır. C4 bitkilerinin genel özellikleri aşağıdaki şekilde verilebilir.

- Düşük karbondioksit derişimi ne gereksinim duyarlar,
- Yüksek sıcaklığa gereksinim duyarlar,
- Daha düşük oranda suya gereksinim duyarlar,
- Mevsimsel kuraklığa dayanıklıdır,
- Başlangıçta 4 karbon atomu içeren organik molekülleri bağlarlar,
- Işık şiddetini kullanma yetenekleri yüksektir.

Biyokütle ve türevi yakıtlardan enerji sağlanmasından en ümit verici bir uygulama şekli de elektrik üretmektir. Biyokütle yakılarak elde edilen elektrik üretimi maliyeti, C4 bitkileri ekiminden alınacak yüksek verim ile büyük miktarda azaltılabilir. C4 bitkileri arasında Avrupa topluluğu tarafından üzerinde önemle durulan tatlı sorgum bitkisi, ülkemizde de ilgi görmüş ve bu bitki üzerinde yapılan ön çalışmalardan oldukça önemli sonuçlar alınmıştır. Miscanthus ise, yine Türkiye de deneme amaçlı ekilerek üzerinde çalışma yapılan bir diğer enerji bitkisidir [7].

- **Kısa Dönemli Enerji Ormanları**

Var olan ormanların kesilerek odun olarak kullanması yerine söğüt, karakavak, okalptüs, kavak ve yarı kurak alan bitkisi olarak da cynara gibi bazı hızlı büyüyen ağaçlar enerji amacıyla yetiştirilmektedir. Bu ağaçlar oldukça değişik iklim ve toprak koşullarında yetişebildiği gibi büyüme hızları da diğer ağaçlara göre 10-20 kat arasında değişmektedir. Günümüzde biyoteknolojik yöntemlerle enerji ağaçlarının büyüme hızları daha da artırılabilirler. Bu ağaçlar genelde her 5 yılda bir budanarak yeniden büyümeleri sağlanır ve hasat edilen dallar biyokütle kaynağı olarak kullanılır. Görüldüğü gibi, enerji ağaçları ile hem var olan ormanların korunması, hem de çevre kirliliğini azaltmak olanaklıdır [7].

- **Su Bitkisi**

Yeşil ve mavi-yeşil algler gibi bir çok bitki çeşidi su içinde yine fotosentez yoluyla gelişebilmektedir. Azot, fosfor gibi bitki için besleyici olan maddelerin bol bulunduğu lağım arıtma tesislerinin havuzlarında, bazı alg çeşitleri son

derece hızla büyümektedir. Havuzlarda yetiştirilen bu algler toplanarak metan gazı üretiminde kullanılmaktadır. Ayrıca, alglerden doğrudan hidrojen elde edilmesi yönünde, özellikle Japonya'da yoğun çalışma yapılmaktadır [7].

- **Hayvansal Atıklar:**

Hayvansal gübrenin samanla karıştırılıp kurutulması suretiyle elde edilen tezeğin köylerde yakıt olarak kullanımı oldukça yaygındır. Hayvansal gübrenin oksijensiz ortamda fermantasyonu ile üretilen biogazın dünyada kullanımı da oldukça yaygındır. Herhangi bir atıktan metan meydana gelişi, bakteriler tarafından iki kademede gerçekleştirilir. Önce kompleks organikler, asit bakterileri tarafından uçucu yağlı asitlere dönüştürülür. Sonra üreyen asitler metan bakterileri tarafından metan haline getirilir. Elde edilen gaz % 55-70 metan, %30-45 karbondioksit, az miktarda hidrojen sülfür ve su bileşimine sahiptir. Biyogazın ısıl değeri, karışımdaki metan yüzdesine bağlı olarak 1900 ile 27500 kJ/m³ arasında değişmektedir [6].

- **Şehir ve Endüstri Atıkları:**

Çöp depolama yerlerinde ve evsel atık su arıtma tesislerinde oluşan arıtma çamurları eğer önceden stabilize edilmemiş ve biyokimyasal aktiviteleri durdurulmamışsa aerobik organizmalar tarafından ayrıştırılarak metan gazına dönüştürülecektir. Metan gazı aynı zamanda sera etkisinin oluşmasında en az karbondioksit ve su buharı kadar etkili olduğundan oluşumu kontrol altına alınarak değerlendirme yoluna gidilmiştir. Bu amaçla çöp toplama alanında oluşan gazları toplayacak şekilde sondaj boruları belirli bir düzene göre yerleştirilerek oluşan gazlar toplanmaktadır. Çıkan gazlar arıtılarak gaz jeneratörüne gönderilmekte ve gaz jeneratöründe elektrik elde edilmektedir. Toplanan çöpün bileşimine bağlı olarak oluşan gaz içindeki bileşenler; metan % 35- 60, karbondioksit % 35-55, nitrojen % 0-20 arasında değişmektedir. Türkiye'nin ilk çöp gaz santrali AKSA jeneratör tarafında Bursa Demirtaş'ta kurulmuştur. Çöp ve katı maddelerin enerji elde etmenin diğer bir yolu ise piroliz ve yüksek sıcaklıklarda yakılmasıdır. Çöp ve katı atıkların uygun yakma tesislerinde havayla yakılması ile elde edilen enerji ısı enerjisinde veya elektrik üretiminde değerlendirilmektedir [6].

4.4 OKYANUS ENERJİSİ:

Okyanus enerjisi 3 kısımda incelenir.

1. Dalga Enerjisi
2. Okyanus Isısı Enerjisi
3. Gel-git Enerjisi

4.4.1 Dalga Enerjisi:

Okyanus dalgaları kirletici etkisi olmayan büyük bir enerji kaynağı oluşturur. Ancak bu enerji kaynağı uzun yıllar ihmal edilmiştir. 1970'li yıllarda birkaç araştırma projesi geliştirilmiştir ve ilk çalışmalar Japonya'da yapılmıştır (Şenpınar ve Gençoğlu, 2006).

Dünya yüzeyinin farklı ısınması sonucu oluşan rüzgarların deniz yüzeyinde esmesi ile meydana gelen deniz dalgalarındaki gücün diğer yenilenebilir enerji kaynaklarındakinden daha kesif olduğu hesaplanmıştır (10-15 defa daha fazla). Kullanabildiği takdirde bol ve çoğu ülkenin elde edebileceği kadar yaygındır. Dalga enerjisinin önemli olumlu yönleri bulunmaktadır. Güç kaynağının sonsuz ve bol olması, fosil yakıtlara bağımlılığı, küresel ısınmayı, asit yağmurlarını, her türlü kirliliği dolaylı olarak azaltması, iş sahası açması, elektrik şebekesinin olmadığı uzak alanlara elektrik sağlaması, deniz ortamında yapılacak diğer çalışmalarda potansiyel teknolojinin kullanımına olanak tanınması, tuzlu suyun tatlı suya çevrilip ihtiyaç bulunan bölgeye pompalanması, deniz dibi zenginliklerinin

yüzeye pompalanması ve kıyıların korunması gibi alanlara yeni bir yaklaşım getirmektedir. Bununla birlikte; deniz dalgasının kullanılmasında birtakım sınırlamalar da bulunmaktadır. Her dalga boyutunun kullanılması için bir tasarımın oluşturulamaması, gemi rotalarının geçtiği yollar, askeri tatbikatlar, balık avlanma sahaları, su altı kabloları gibi kısıtlamalar büyük dalga enerjisi projelerine başlamadan önce dikkate alınması gereken hususlardır. (Sağlam ve Uyar, 2007).

Sualtı dalgalarından enerji elde edebilmek için geliştirilen makinelerin suyun 40 metre altında kurulması planlanıyor. Bu yöntem için geliştirilmiş makineler, dalgaların düzensiz ve hızlı bir şekilde hareket etmelerinden yararlanarak elektrik üreten tulumbaları çalıştırıyorlar. 2010'da okyanus enerji kaynaklarından milyonlarca evin enerji ihtiyacını karşılayacak kadar elektrik üretilebilecektir (Ece, 2008).

Bugüne kadar dalga enerjisinden elektrik üretim teknikleri geliştirilmiş, fakat kapasitenin çok altında enerji elde edildiği için ve birkaç olumsuz deneyim bu büyük enerji kaynağına ilgiyi azaltmıştır (Şenpınar ve Gençoğlu, 2006).

4.4.1.1 Türkiye'de Dalga Enerjisi Potansiyeli

En iyi dalga gücü kaynaklarından olan Kalkan açıkları için yapılan tahminler ve istatistiksel analizlerle toplanan bilgiler dalga gücü yoğunluğunun 6,6 kW/m-7,6 kW/m arasında olduğunu göstermektedir. Dalga yükseklikleri 1,21 metreye varabilmekte ve dalga periyotları 6,09 saniyeye ulaşmaktadır. Bu bilgiler yılın büyük bir çoğunluğu için geçerlidir. Dalga enerjisi üretmek için tasavvur edilen en iyi yerler: Karadeniz'in batısında İstanbul Boğazı'nın kuzeyi ve Ege Denizi'nin güneybatı kıyıları açıkları; Marmaris ve Finike arasındadır. Başlangıç denemeleri için bu suların uygun olduğu değerlendirilmektedir. Yatırımcılar bu alanları tercih etmelidir (Sağlam ve Uyar, 2007).

4.4.2 Okyanus Isısı Enerjisi:

Okyanus ısısı enerji üretiminde, okyanusların güneşten topladığı ısıdaki enerji elektriğe dönüştürülüyor. Bu yöntemle elektrik elde etmek için yüzeydeki su sıcaklığı ile derindeki su sıcaklığı arasındaki farkın 20 derece olduğu yerler kullanılıyor. Bu iş için en elverişli bölgeler Avustralya, Endonezya, Güney Amerika ve Afrika kıyılarıdır. Eğer bu enerjinin sadece binde biri elektriğe dönüştürülebilseydi Amerika'nın enerji ihtiyacının 20 katı kadar elektrik elde edilebilecektir. Teknolojinin geliştirilmesine paralel olarak derin denizlerde enerji arama ve üretim çalışmaları başlatılmıştır. Bugün 2100 m. su derinliğine sondaj yapılmaktadır (Ece, 2008).

4.4.3 Gel-git Enerjisi:

Gel-git hareketi; ay, güneş ve dünyanın çekim kuvveti ve merkezkaç kuvvetleri arasındaki etkileşim sonucu oluşur. Gelgit olayında suyun hareketinden, iki yöntemle enerji elde edilebilir. Suyun bir haznede biriktirilerek hazne ile deniz seviyesi arasında yükselti farkı oluşturulması ve bu potansiyel enerjiden elektrik enerjisi elde edilmesi, birinci ve en eski yöntemdir. Bu yöntemin dezavantajı, maliyetinin yüksek olması ve çok yer kaplamasıdır. İkinci yöntem ise, suyun yükselme ve alçalması sırasında önüne konulan türbinleri döndürmesi ve bu türbinlerin döndüreceği jeneratörlerden de elektrik enerjisi elde edilmesidir. Bu yöntemin bu güne kadar uygulama alanı bulamamasının nedeni, çok büyük türbinlere ihtiyaç duyulmasıdır. İkinci yöntem ile enerji eldesi, her yönüyle deniz akımlarından enerji eldesine benzerdir (Şimşek, 2005).

4.4.3.1 Dünyadaki Deniz Akım Enerjisi Kullanımı

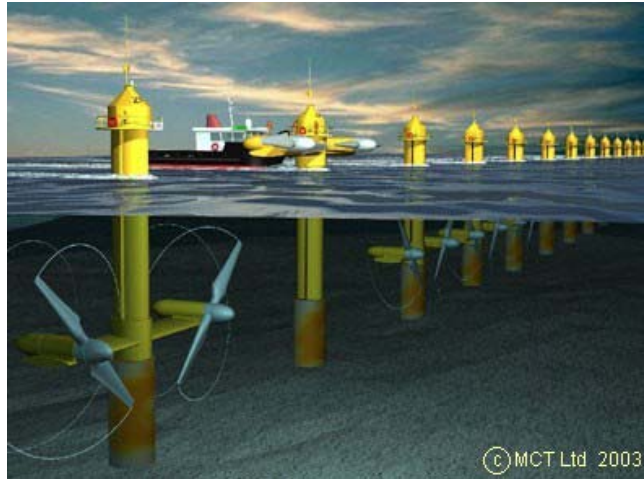
Dünyada toplam deniz akım kaynağının 450 GW'ı aştığı tahmin edilmektedir. Bu enerji kaynağından, dünyada 20 civarında bölgede yararlanmak mümkündür. Ancak bu yerlerden hiç biri Türkiye'de yer almamaktadır. İstanbul ve Çanakkale Boğazları'nda deniz trafiğinin yoğun olması nedeniyle deniz akım enerjilerinden yararlanılamamaktadır.

Avrupa'da bu bölgelerin İngiltere, Fransa, ABD, Çin, Japonya, İtalya, Filipinler, Almanya, İspanya, İrlanda, Hollanda'da olduğu belirlenmiş, ancak kaynakların düzensiz dağıldığı görülmüştür. İngiltere'ye %47,7 Fransa'ya %42,1 olacak şekilde dağılmış, geriye kalan %7,6 İrlanda kıyı çevrelerine, az miktarda ise Almanya,

İspanya, Hollanda arasında paylaşılmıştır. Son yıllarda yapılan çalışmalarda, Avrupa'da 106 bölgede güçlü akımları olan gelgit kaynakları belirlenmiştir. Bu kaynaklardan Avrupa şebekesine yılda 48 TW enerji sağlayabileceği tahmin edilmektedir. Bu güç 12500 MW kurulu kapasiteye eşitir (Şimşek, 2005).

4.4.3.2 Türbin Teknolojisi ve Gücü

Pervaneler ve tek bir jeneratörün oluşturduğu su altı türbinlerinin tam olarak kullanılmasıyla deniz akımlarından kullanılabilir enerji üretilebilir. Su türbinlerinin çalışma prensibi rüzgar enerjisi ile aynı şekildedir. Sıvı hareketinden ve transferinden oluşan kinetik enerjinin elektrik enerjisine çevrilmesidir. Akım hızları rüzgardan daha azdır ve çift taraflıdır, ancak rüzgar akışları çok yönlü olabilir. Ayrıca suyun havadan 835 kez daha yoğun olması da önemli bir avantajdır. En önemli fark deniz akım türbinlerinin oluşturduğu gücün aynı kurulum kapasiteleri için daha küçük oranda olmasıdır ve daha yakın kümeler oluşturmasıdır (Şimşek, 2005).



Şekil 2: Türbin çiftliği (Şimşek, 2005).

4.4.3.3 Akım Türbinlerinin Avantajları Ve Dezavantajları

Avantajları;

- Yalnızca kurulum maliyeti vardır, işletmesi pahalı değildir.
- Sera gazları ya da başka atıklar oluşmaz.
- Yakıt gerektirmez, güvenilir elektrik üretir.
- Akımlar önceden tahmin edilebilir.
- Kıyıdan uzak türbinlerin ve dikey eksenli türbinlerin inşası pahalı değildir ve geniş çevresel etkileri yoktur.
- Çevresel etkiler deniz akım enerjisinin kullanımıyla minimize olur. Projede deniz memelileri ve korunan balık türlerinin bilinmesine gerek vardır. Bununla birlikte kanat hızları ve basınç gradyanları bir probleme neden olmamak için düşüktür.
- Türbinlerde gemi rotalarına ve rekreasyonel kullanıma göre kurulum yapılır (Balıkçılık, dalgıçlık gereklilikleri dikkate alınır).

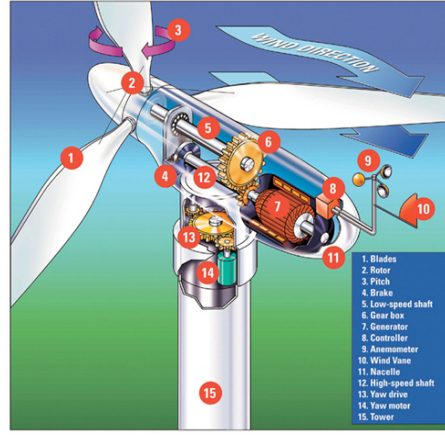
Dezavantajları;

- Akım bölgeleri için az sayıda uygun bölge vardır. Akımlardan yalnız alçılırken ve yükselirken güç sağlanır (10 saat/gün) (Şimşek, 2005).

4.5 RÜZGAR ENERJİSİ

Rüzgar türbinleri ile ilgili en genel tanımlama şöyledir: Pervane kanatları, pervane göbeği ve pervane miline rotor veya türbin denilir. Pervane mili dişli kutusuna bağlıdır. Dişli kutusunu jeneratöre bağlayan mile de, jeneratör mili denir. Bunların tümü kule tarafından taşınır. Kule ile yer bağlantısı da temel aracılığıyla sağlanır. Tüm bu elemanlara, en genel halde rüzgar enerjisi tesisi adı verilir. Bu gerçeğe rağmen, yerli ve yabancı literatürde, rüzgar enerjisi tesisi yerine, rüzgar türbini denmesi alışkanlık olmuştur.

Rüzgar türbini, rüzgardaki kinetik enerjiyi önce mekanik enerjiye daha sonra da elektrik enerjisine dönüştüren sistemdir. Bir rüzgar türbini genel olarak kule, jeneratör, hız dönüştürücüleri (dişli kutusu), elektrik-elektronik elemanlar ve pervaneden oluşur. Rüzgarın kinetik enerjisi rotorda mekanik enerjiye çevrilir. Rotor milinin devir hareketi hızlandırılarak gövdedeki jeneratöre aktarılır. Jeneratörden elde edilen elektrik enerjisi aküler vasıtasıyla depolanarak veya doğrudan alıcılara ulaştırılır [8].



Şekil 3: Rüzgar Türbininin İç Yapısı

4.5.1 Rüzgardaki Hız-Enerji Bağlantısı

Rüzgardaki enerji, sahip olduğu hız dolayısıyla taşıdığı kinetik enerjidir.

$$\left(\frac{1}{2} m v^2 \right)$$

Buradaki m, v hacminden u hızıyla geçen havanın kütlesidir. Kütle,

$$m = \rho.v$$

ρ = havanın yoğunluğu

olduğuna göre, S alanından t zamanında u şiddetiyle geçen hava hacmi,

$$v = S.u.t$$

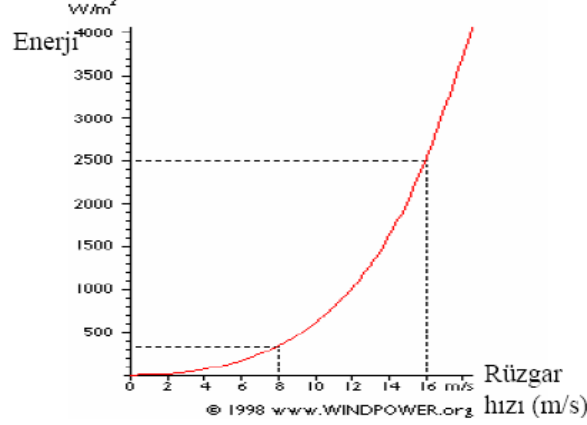
Ve havanın kütlesi de,

$$m = \rho.S.u.t$$

olacaktır. Sonuç olarak rüzgarın sahip olduğu kinetik enerji,

$$E_k = \frac{1}{2} \rho \cdot S \cdot u^3 \cdot t$$

Son eşitlikte de görüldüğü gibi rüzgarın hızındaki iki katlık bir artış enerjisindeki sekiz katlık bir artışa sebep olacaktır [8].



Şekil 4: Rüzgardan elde edilen enerji rüzgar hızının küpü ile orantılıdır

4.5.2 Kanat Alanı

600 kW'lık tipik bir rüzgar türbini, 43-44 m'lik bir kanat çapına sahiptir, yani bir defalık dönmede kanat alanı 1.500 m²'dir. Bu alan, bir türbinin rüzgardan ne kadar enerji alabileceğini belirler. Bu alan, kanat yarıçapını karesiyle orantılı olduğu için, kanat yarıçapı 2 kat arttıkça, alan da 4 kat artar.

4.5.3 Kule Yükseklikleri

Daha yüksek kulelerin bir rüzgar türbininde enerji üretimini artırır. Daha yüksek bir kule, pürüzlülük sınıfının etkisini azaltmada ve de elektriğin fiyatının daha düşük elde edilmesi konusunda değerlidir.

4.5.4 Rüzgar Türbini Çeşitleri

4.5.4.1 Yatay Eksenli Rüzgar Türbinleri (YERT)

Bu türbinlerde; dönme eksenini rüzgar yönüne paralel, kanatlar rüzgar yönüne diktir. Bu türbinlerde rotor kanatların sayısı azaldıkça rotor daha hızlı dönmektedir. Bu türbinlerin verimi yaklaşık %45' dir. YERT genel olarak yerden 20-30m yüksekte ve çevredeki engellerden 10m yüksekte olacak şekilde yerleştirilmelidir. Bu türbinler kanat sayısına göre dörde ayrılır.

Tek Kanatlı Rüzgar Türbinleri

Çift Kanatlı Rüzgar Türbinleri

Üç Kanatlı Rüzgar Türbinleri

Çok Kanatlı Rüzgar Türbinleri

Üç kanatlı modern türbinler, dünyanın her tarafında kullanılmaktadır. Üç kanat kullanımının asıl sebebi, dönme momentinin daha düzgün olmasıdır. Kanat uç hızı 70 m/sn altında olduğundan gürültünün düşüklüğü, sarsıntısız döndükleri için göz estetiğini bozmamaları önemli bir avantaj olup, halk tarafından kabulünü sağlamıştır.

4.5.4.2 Düşey Eksenli Rüzgar Türbinleri

Türbin mili düşeydir ve rüzgarın geliş yönüne diktir., Darrieus tipi, Savonius tipi gibi çeşitleri vardır. Daha çok deney amaçlı üretilmiştir. Ticari kullanımı çok azdır.



Resim 3:

Darrieus Tipi



Savonius Tipi

4.5.4.3 Eğik Eksenli Rüzgar Türbinleri (Wagner RT)

Dönme eksenleri düşeyle, rüzgar yönünde bir açı yapan RT'lerdir. Bu tip türbinlerin kanatları ile dönme eksenleri arasında belirli bir açı bulunmaktadır.

4.5.4.4 Deniz üstü (Off-Shore) Rüzgar Türbinleri

Günümüzde rüzgar türbinlerinin çoğunluğu karalar üzerine kurulmuştur. Deniz-üstü rüzgar türbinlerine de talep artmaktadır. Bu eğilimin sebeplerinin başında, karalarda rüzgar türbinlerinin kurulacağı uygun alanların kısıtlı olmasıdır. Buna ek olarak su yüzeyinde pürüzlülüğün karalara göre daha az olması, rüzgar hızının da karadaki hızına kıyasla % 20 daha yüksek olmasına neden olmaktadır.

Ayrıca, deniz-üstü rüzgar türbinleri daha kısa kule yüksekliğine sahiptir. Deniz-üstü türbinlerinin en önemli dezavantajı çok pahalı olmalarıdır. Şiddetli deniz fırtınalarına karşı ekstra koruma önlemleri gerekmektedir. Dolayısıyla bakım ve onarımı da masraflı olmaktadır. Şuan ki kısıtlı teknik ve ekonomik olanaklardan dolayı, deniz-üstü rüzgar türbinleri sığ sulara kurulmaktadır.

4.5.5 Rüzgar – Hidrojen Hibrid Sistemler

Rüzgar türbinlerinden elde edilen elektrik elektroliz yöntemiyle hidrojene çevrilebilir. Elde edilen hidrojen çeşitli uygulamalarda kullanılabilir.

4.5.6 Rüzgar – Fotovoltaik Hibrid Sistemler

Rüzgarın devamlı esmediği, güneşin devamlı görünmediği düşünülürse, güneş ve rüzgar enerjileri tek başlarına yetersiz güç kaynaklarıdır. Güneş ve rüzgar güç kaynaklarını akülerle hibritleyerek, güneş ya da rüzgardan elektrik üretiminin yapılamadığı periyot bu şekilde kapatılabilir. Fotovoltaik hücreler (PV cells) güneş ışığını DC elektrığe çevirirler.



Resim 4: Deniz üstü (Off-Shore) Rüzgar Türbinleri

4.5.7 Rüzgara Etki Eden Faktörler

4.5.7.1 Türbülans: Türbülans düzenli olmayan rüzgar akışıdır. Çok engebeli ve pürüzlü arazilerde binalar, ağaçlar vb. engeller çok fazla türbülans yaratır. Türbülans rüzgar türbininde enerji üretim verimliliğini azaltır ve türbin de yıpranma ve hasarlara yol açar. Bu nedenle düşük türbülans yoğunluğu rüzgar türbinlerinin ömürlerinin daha uzun olmasını sağlar.

4.5.7.2 Tünel Etkisi: Rüzgarın binalar arasından ve dağlar arası dar geçitlerden geçerken hızı artar. Buna tünel etkisi denir. Rüzgar hızı açık alanlarda 6 m/s ise, bu tür yerlerden geçerken 9 m/s kadar yükselebilir. Tepeleri çok sert ve düzgün olmayan bir durumda ise, o alanda türbülans çoktur, yani rüzgar (yönü çok fazla değiştiğinden) dönmekte olacaktır. Sürekli değişen rüzgarlar türbinlerde yırtılma, çatlama gibi zararlara sebep olabilir.

4.5.7.3 Tepe Etkisi: Rüzgar hızından daha iyi biçimde yararlanmak için yerleştirilecek en uygun mekanlar tepelerdir. Tepelerde rüzgar hızları çevreye göre daha yüksektir. Fakat düzgün ve pürüzlü tepelerde, rüzgar hızının artması bir avantaj oluşturmasına rağmen, türbülans meydana gelmesi bunu tümüyle ortadan kaldırır.

4.5.7.3 Park Etkisi ve Kuyruk Yeli Etkisi: Rüzgar tarlalarındaki her bir türbin rüzgarın hızını azaltır. Bu sebeple türbinler hakim rüzgar yönüne göre yerleştirilmeliler. Buna park etkisi denir. Türbine gelen rüzgar, türbinden çıktıktan sonra arka kısımda uzun bir aralıkta türbülans oluşturur. Bu da ikinci sırada yerleştirilen türbinlerde kuyruk yeli etkisi yapar. Bunu önlemek ikinci sıradaki türbinler birinci sıradakilerden daha uzağa (yaklaşık 3 rotor) kurulmalıdır.

4.5.7.4 Yüzey Şekillerinin Etkisi: Rüzgar 1 km' lik yüksekliğe kadar yeryüzü engebeliğinden etkilenir. Engelibelik ne kadar fazla ise rüzgar hızında da azalmalar o kadar fazla olur. Su yüzeyi, rüzgarı en az etkileyen en pürüzsüz yüzeydir. Rüzgar türbininin enerji verimliliği de uygun rüzgar koşullarını değerlendirmek için arazilerin pürüzlülük bağlı katsayıları büyük önem taşır.

4.5.8 Rüzgar Türbinlerinin Çevreye Etkisi

4.5.8.1 Kuş ölümleri

İşlemekte olan türbinlerin yakınında bulunan kuş potansiyeli, kanatların hava akımında meydana getirdiği kargaşa durumu nedeniyle zarar görebilmektedir. Bu nedenle özellikle rüzgâr tarlası uygulamasının millî park ve kuşların

uğrak yerleri yakınlarında kurulmaması gerekmektedir. Ancak yapılan araştırmada 1 kW yüksek voltaj hattında telef olandan 10 kat daha az olduğu anlaşılmıştır.

4.5.8.2 Gürültü Kirliliği

Türbinlerin çıkardığı gürültü çeşitli problemlere yol açar ve türbinlerde yerleşim alanlarının arasındaki mesafenin sınırlandırılmasında dikkate alınır. Mekanik ve aerodinamik parçalar akustik yayını oluşturur. Yayınım rüzgâr hızına bağlıdır. Bu problem türbinlerinin sık yerleştirildiği alanlarda ortaya çıktığından tesis edilebilecek türbin potansiyelinin tespitinde dikkate alınmalıdır.

4.5.8.3 Görüntü Kirliliği

Estetik açıdan, büyük türbinler genellikle küçük türbinlerden daha düşük dönme hızına sahiptir. Bu yüzden büyük türbinler, hızlı dönen cisimlerin gözde yaptığı olumsuz etkiyi yapmaz. Ayrıca boru tipi kuleler, kafes tipi kulelere göre daha hoş görünümlü oldukları için, görüntü kirliliğini önlemek için boru tipi kuleler tercih edilmektedir.

4.5.8.4 Gölge Etkisi

Tüm yüksek binalar gibi rüzgâr türbinleri de, gölge etkisi göstermektedirler. Rüzgâr türbinlerinden 500-1000 metre uzaklıkta, bu etki yok denecek kadar azdır.

4.5.8.5 Televizyon Yayınları

Tüm büyük yapılar gibi rüzgâr türbinleri de verici ile alıcı arasında bulunmaları durumunda televizyon yayınlarının izlenmesinde problem yaratmaktadırlar Rüzgâr türbinlerinin televizyon yayınlarını etkileme mesafesi; pervane yarıçapı ve televizyon sinyallerinin dalga boyu ile orantılı olarak artmaktadır.

Rüzgâr türbinleri nedeniyle oluşan televizyon yayınlarını izleyememe problemi; alıcı antenlerindeki düzenlemelerle veya bir yardımcı verici ile çözülebilmektedir. Kablo yayınları ve uydu vericili kanalların yayınları ise, doğal olarak rüzgâr türbinlerinden etkilenmemektedir.

4.5.8.6 İklim Etki

Betz'e göre, rüzgâr optimum enerji eldesi için, pervane öncesi üç birimlik rüzgâr hızı, pervane sonrasında bir birime iner. Bu nedenle, rüzgâr türbinlerinin iklim etkisi vardır. Fakat bir görüşe göre bu etki, ihmal edilebilecek düzeydedir. İklim açısından hava hareketlerine ihtiyaç duyulan düşük rüzgâr hızlarında türbinleri çalışmazlar. Yüksek rüzgâr hızlarında ise, hareketli havanın frenlenmesi istenir. Rüzgâr türbinleri de bunu yapmaktadır. Bu nedenlerle, rüzgâr türbinlerinin iklim negatif etkide bulunduğu eleştirisine katılmak mümkün değildir.

4.5.4.5 Yükselen Hava Akımlı Rüzgâr Türbinleri

Yükselen hava akımlı rüzgâr türbinleri, hava hareketindeki kinetik enerjiden yararlanan türbinlerdir. Enerji dönüştürücüsü yükselen hava akımlı rüzgâr türbinleri (güneş enerjisi konveksiyon bacası) dir. Kulenin tabanı geniş bir "greenhouse" (sera) gibi düşünülmüş. Yaklaşık 30 ila 40 km. karelik bir alan bu. Bir meyille kuleye bağlanıyor. İşletme prensibi anlaşılabilir basitlikte: Sert PVC'den imal edilmiş "sera alanı"nın içinde olağanüstü ısınan hava "bir baca gibi" kuleye yöneliyor, büyük bir anafor yaratarak hızla yukarıya deviniyor. "Sera" altındaki yüksek sıcaklık "baca"ya yöneldiğinde güçlü hava akımı saatte 60 ila 70 km'lik hıza ulaşıyor. Dar çaplı bir kulenin içinde daha da yoğunlaştırılan akımın kütleli gücü çok etkileyici. Oluşan binlerce tonluk "rüzgâr gücü" uygun noktalara yerleştirilmiş türbinleri çalıştırıyor. Yapımcısının tanımıyla "Solar Tower Technology" şimdiden ümit haline gelmiş durumda [8].

Yükselen hava akımlı rüzgar türbinlerinde elde edilen güç; kolektör verimi, kolektör enine kesit alanı, havanın sabit basınçta özgül ısı kapasitesi, dış ortam sıcaklığı, güneş sabiti ve bacanın yüksekliğine bağlıdır Buradaki baca yüksekliği arttıkça, elde edilen güç de artmaktadır. Yükselen hava akımlı rüzgar türbinleri ile ilgili teorik ve deneysel araştırmalar devam etmektedir.

Verimsiz ve rüzgârsız araziler üzerine kurulması ile bu arazilerden faydalanılarak enerji üretimine olanak sağlıyor. Avustralya'daki yeni ve büyük bir proje başlatılmış durumda. Her kulenin bugünkü maliyeti yaklaşık 400 milyon dolar civarında.

Yine de maliyet ve gerekli malzeme ihtiyacı hidroelektrik ve nükleer santrallerin altında. Projenin en fazla 10 yıl içinde amorti edileceği varsayılıyor. Sonraki 50 yıl içinde ufak bakım masrafları dışında finansman yükü getirmeyeceği düşünülüyor. Teknolojinin Türkiye açısından ilginç tarafı ise şöyle: Su kaynakları ve rüzgâr gücü sınırlı olan "Konya Ovası" gibi nem oranı düşük kuru step bölgelerine çok uygun bir proje. "Tuz Gölü" ise sığ taban yapısı ve morfolojik özellikleriyle dünyadaki en ideal yerlerden biri. Sera gazı salınımına yol açmayan bu "yeşil" teknolojide sık aralıklarla bakım zorunluluğu da yok.

4.5.9 Rüzgar Enerji Santrali (RES) İşletmeciliği

Türbinler inşa edilirken kullanılan malzemenin üretiminde ve tesis edilirken belirli miktarda enerjiye gereksinim vardır. Bu enerji yatırımını, türbin ömrü boyunca geri ödenmek zorundadır. Yapılan analizlerde geri ödeme zamanı, birkaç ay ile iki yıl arasında değişmektedir.

Nükleer santraller veya termik santrallerden farklı olarak üretim için gereken kaynağı stoklamak, istenildiği ölçüde kullanmak gibi bir durum söz konusu değildir. Bu sebepten dolayı elinizde mevcut olan kaynağı, bu kaynak var olduğu sürece en etkin şekilde kullanmanız gerekir.

Tablo 4: Dünyadaki kurulu rüzgar enerjisi gücünün ülkelere göre dağılımı (GEWC, 2006)

Ülke	Toplam Kapasite (MW)	Payı (%)
Almanya	20622	27.8
İspanya	11615	15.6
ABD	11603	15.6
Hindistan	6270	8.4
Danimarka	3136	4.2
Çin	2604	2.9
İtalya	2123	2.9
İngiltere	1963	2.6
Portekiz	1716	2.3
Fransa	1567	2.1
İlk 10 Toplam	63217	85.2
Diğer Ülkeler	11004	14.8
Dünya Toplamı	74221	

4.6 HİDROELEKTRİK ENERJİ

Barajlardaki suyun, elektrik üreten santralleri çalıştırması ile oluşan enerjiye hidroelektrik enerji denir. Yenilenebilir enerji kaynaklarının başında gelir. Temel olarak nehirlerle karışan yağmur suyu ya da eriyen kar, su enerjisine barajlar yardımıyla dönüştürülebilir. Su toplama havzalarında bırakılan su dik borulardan aşağıya hızla akar ve türbinleri döndürür, bu türbinlere bağlı olan jeneratörlerle de elektrik üretilir. Büyük ölçekli ve küçük ölçekli olmak üzere iki gruba ayrılır. Ancak büyük ölçekli hidrolik santrallerin sürdürülebilirliği de tartışmalıdır [9].

4.6.1 Hidroelektrik Enerjinin Dünya'daki Durumu

Su enerjisi bir çok Avrupa ülkesinde ana enerji kaynağı özellikle İskandinavya'da. Su rezervleri oluşturmak için barajlar kuruluyor [9].

Norveç, enerji ihtiyacının yüzde 99'unu hidroelektrik santrallerden karşılıyor. Gelişmiş ülkeler, hidroelektrik potansiyellerini neredeyse tamamen geliştirip devreye sokmuş durumda. Bu alanda genişleme potansiyelleri yok. Hatta ABD gibi bazılarında tam tersine, yol açmış oldukları çevre değişiklikleri nedeniyle bazı mevcut barajların kaldırılarak, su yollarının eski haline getirilmesi düşünülüyor. En büyük genişleme potansiyeli, gelişmekte olan ülkelerde. Fakat Çin, Hindistan, Malezya, Türkiye (İlisu) gibi bazı ülkelerin büyük çaplı projeleri de aynı yönde eleştiriler alıyor. Dolayısıyla küçük çaplı barajlara yönelmesi söz konusu. İletim şebekesinin ulaşmakta zorluk çektiği uzak ve küçük yerleşim merkezlerinde ekonomik olabilecektir. Dünya elektrik enerjisi gereksiniminin %18' hidroelektrik santrallerden sağlanıyor (Altın, 2002).

4.6.2 Hidroelektrik Enerjinin Türkiye'deki Durumu

Türkiye'de elektrik ihtiyacının % 40'lık kısmı hidroelektrik santrallerden elde edilmektedir. Keban, Karakaya, Atatürk, Hirfanlı, Seyhan, Kemer ve Demirköprü gibi birçok baraj elektrik ihtiyacımızı karşılamaktadır. Dışarıya akıntısı olan bazı göllerimiz, tabii baraj özelliğindedir. Bunlardan elektrik üretilir. Başlıcaları, Hazar, Çıldır, Tortum ve Kovada gölleridir.



Resim 5: Hidroelektrik Santral [10].

Hidrolik potansiyel ulusal ve yenilenebilir bir kaynaktır. HES 'lerin ekonomiye faydaları ve yerli yapım oranının diğer santrallere oranla daha yüksek olması gibi sebepler dikkate alınarak, hidroelektrik potansiyelini değerlendirme oranının önümüzdeki 20 yıl içerisinde asgari %90 düzeyine getirilmesi ülkemizin yararına olacaktır.

4.6.3 Avantajları ve Dezavantajları

Baraj inşa edildikten sonra hidroelektrik enerjisi maliyeti düşük olan bir enerji elde etme yöntemidir. HES ilk yatırım maliyeti yönünden doğalgaz santrali dışında diğer termik ve nükleer santrallerle rekabet edecek konumdadır. İşletilmesi ekonomiktir. Çünkü yakıt masrafı yoktur. Çevre kirliliğine neden olmaz ve yakıt fiyatları karşısında zayıf değildir. Küçük suların değerlendirilmesi, buldukları yöreye şebekenin ulaşma zorunluluğunu da ortadan kaldıracığından, iletim şebekelerindeki kayıplarda önemli bir azalma meydana getirecektir. Ancak yakın doğal ortam ve çevrede yaşayanlar üzerindeki etkisi nedeniyle eleştirilebilir. Yapılan barajlarla oluşan baraj göllerinin doğal kaynakları olduğu kadar kültürel zenginliği yok etme tehlikesi üzerinde duruluyor.

4.7 HİDROJEN ENERJİSİ

Doğada bileşikler halinde bol miktarda bulunan hidrojen serbest olarak bulunmadığından doğal bir enerji kaynağı değildir. Bununla birlikte hidrojen birincil enerji kaynakları ile değişik hammaddelerden üretilmekte ve üretiminde dönüştürme işlemleri kullanılmaktadır. Bu nedenle teknolojinin elektrikten neredeyse bir asır sonra geliştirdiği ve geleceğin alternatif kaynağı olarak yorumlanan bir enerji taşıyıcısıdır.

Hidrojen, enerji yoğunluğu yüksek bir madde. Suyun elektroliziyle temiz bir şekilde elde edilebiliyor ve uygun şekilde yakıldığı takdirde, atık ürün olarak yalnızca su veriyor. Şimdiki üretimi petrol ya da kömüre dayalı. Temiz üretim yolu hidroliz. Fakat bunun için elektriğe gereksinim var ve eğer elektrik fosil yakıttan üretiliyorsa bir anlam ifade etmiyor. Bu sorunun çözümü de suyun, güneşli enerjisinden elde edilen elektrikle hidrolizde yatıyor. Fotovoltaikler ucuzlar da bu mümkün olursa eğer, hidrojen, yeni bir yenilenebilir enerji formları zincirinin bir halkasını oluşturacak ve suyun elektroliziyle hidrojen elde edilip, hidrojenin yakılmasıyla da suya geri dönecek. Öte yandan, temiz bir şekilde ve yüksek verimle yakılabilmesi için yakıt hücreleri teknolojisinin gelişmesine gereksinim var. Hidrojen içten yanmalı motorlarda doğrudan kullanımının yanısıra katalitik yüzeylerde alevsiz yanmaya da uygun bir yakıttır. Ancak dünyadaki gelişim hidrojenin yakıt olarak kullanıldığı yakıt pili teknolojisi doğrultusundadır [11].

4.7.1 Yakıt Pilleri

Yakıt pilleri, temiz, çevreye zarar vermeyen ve yüksek verime sahip enerji dönüşüm teknolojileridir. Bir buhar kazanı veya türbin kullanılmadan, sadece kimyasal reaksiyon ile elektrik enerjisi üretilir. Hidrojen (H_2) ve oksijen (O_2) arasındaki elektrokimyasal reaksiyon ile elde edilen ve toplam verimlilikleri % 80'lere kadar ulaşabilen yakıt pilleri, sürekli çalışan piller veya elektrokimyasal makineler olarak da bilinir.

Yakıt pilleri, boyutlarının küçük olması, yüksek verimle çalışmaları ve atık ısılarının kullanılabilir olmasının yanısıra aşağıdaki özellikleri nedeniyle de diğer güç sistemlerine göre daha üstündürler.

->Modüler olmaları

->Kullanıcıya yakın inşa edilebilmeleri

->Yakıt olarak saf hidrojenin yanısıra doğal gaz, metanol veya kömür gazlarının kullanılabilmesi

->Sessiz çalışmaları

->Minimum seviyede kükürt oksit ve azot oksit emisyonları->İnşa edilecek alanda çok az çevre kısıtlamaları gerektirmeleri ve kısa sürede inşa edilebilmeleri

->Katı atık problemlerinin olmaması [12].

4.7.2 Hidrojen Enerjisinin Türkiye'deki Durumu

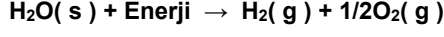
Türkiye'nin 7. Beş Yıllık Kalkınma Planı Genel Enerji Özel İhtisas Komisyonu Yeni ve Yenilenebilir Enerji Kaynakları Raporu (1993) kapsamında, hidrojen teknolojisine kısaca değinmekle birlikte, resmîleşen kalkınma planında hidrojen enerjisinin adı geçmemektedir. Bilim ve Teknoloji Yüksek Kurulu tarafından saptanan, 1993-2003 yılı ulusal bilim ve teknoloji politikasında hidrojen yakıtına yer verilmemiştir. Hidrojen konusu üniversitelerimiz ve araştırma kuruluşlarımızda çok sınırlı bir biçimde ele alınmaktadır. TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi'nde hidrojen alanında uluslararası enerji ajansı programları kapsamında çalışma başlatılmak istenmişse de, söz konusu işbirliği 1996 yılında kesilmiştir. Şimdi, Birleşmiş Milletler Endüstri Geliştirme Organizasyonu (UNIDO) desteği ile Uluslararası Hidrojen Enerjisi Teknolojileri Merkezi (ICHET) projesi kapsamında, İstanbul'da Hidrojen Enstitüsü kurulması konusu gündemdedir. ICHET'in tasarlanan amacı, gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler arasında hidrojen teknolojileri köprüsünü oluşturmak, hidrojen teknolojilerinin geliştirilmesini ve uygulamalı AR-GE çalışmalarını yapmaktır. ICHET'in işlevi; kısa ve uzun dönemli eğitim vermek, bilimsel toplantılar düzenlemek, danışmanlık hizmetleri sunmak ve benzeri kuruluşlarla işbirliği oluşturmak biçiminde belirlenmiştir. Merkezin çalışma konuları; hidrojen enerjisi politikaları, hidrojen ekonomisi, enerji ve çevre, hidrojen üretim teknolojileri, hidrojen depolama teknikleri, hidrojen uygulamaları ve demonstrasyonlar olacaktır. Türkiye, ilk 5 yıllık dönem için arazi, tesis, ilk yatırım ekipmanı ve işletme faaliyetlerini finanse etmek üzere 40 milyon USD verecektir. ICHET projesi Türkiye'nin hidrojen çağına tutarlı biçimde adım atmasını sağlayacak, Türkiye'ye avantaj kazandıracak önemli bir girişimdir.

4.7.3 Karadeniz Dip Suları Ve Hidrojen Sülfür

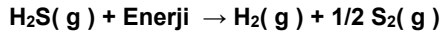
Hidrojen Sülfür, Karadeniz dip sularında meydana gelen aşırı kirlenme sonucunda oluşmuştur. Hidrojen Sülfür (H_2S)'ün bulunduğu Karadeniz dip suları oksijen bakımından oldukça fakirdir. Hidrojen sülfürün bulunduğu kısımlarda hiç oksijen bulunmadığından bu kısımlarda canlı varlıklara rastlanmamaktadır. Hidrojen sülfür için söylenmesi gereken en önemli özellik Hidrojen Sülfürün yüksek oranda toksin 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. Karadeniz, diğer denizlerden izole edilmiş ve sadece Marmara Denizi vasıtasıyla Ege Denizine açılmaktadır. Karadeniz'de su sirkülasyonunun olmaması yaklaşık 150-200 metre derinliğin altında oksijensiz bir tabakanın oluşmasına neden olmuştur. Ayrıca Karadeniz'de tuz miktarı diğer denizlere oranla daha az olup, boğazın alt kısmından Karadeniz'e tuzlu su akışı mevcuttur. Bu durum Karadeniz'de yaşayan balıkların ve diğer deniz canlılarının ölmesine neden olmaktadır. Aşırı kirlilik neticesinde ve tuz yoğunluğu sebebiyle canlıların ölmesi sonucu meydana gelen birikimler sonucunda dip sularında H_2S konsantrasyonunun artmış olması muhtemeldir. 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. Ayrıca H_2S 'i yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edebileceğimiz enerji ile rahatlıkla bileşenlerine ayrırabiliriz. Bu bağlamda Karadeniz-Güneş-Rüzgâr Hidrojen Enerji Sistemi Projesi (KGRHES) dikkate alınması gereken bir projedir. Karadeniz dip sularında bulunan toplam H_2S potansiyeli dikkate alınarak elde edilecek hidrojen miktarları düşünüldüğünde bu durum bölge açısından özel bir önem arz etmektedir. Karadeniz dip sularından hidrojen sülfürün %100 ayrıştırılması sonucu 268,823x 106 ton hidrojen elde edilmesi mümkündür. Bir evin yıllık enerji ihtiyacı yaklaşık 3600 kWh olduğunu kabul edecek olursak ve Karadeniz bölgesinde yaklaşık 10 milyon ailenin yaşadığı düşünülürse, bu kitlenin yıllık enerji ihtiyacı toplamı 3,6x 1010 kWh olacaktır. Bu enerji ihtiyacının tamamının sadece ve sadece Karadeniz dip sularından elde edilecek hidrojen yakıtından karşılanması durumunda bu bölgenin yaklaşık olarak 180 yıllık enerji ihtiyacının karşılanacağı düşünülmektedir. Günümüz koşullarında 1kWh elektrik enerjisi kullanımı için 0,112 USD ödeneceği dikkate alınır, H_2S rezervine bağlı olarak

Karadeniz dip sularından elde edilecek olan hidrojenin ekonomik değerinin yapılan hesaplamalar sonucunda yaklaşık 715 milyar USD olduğu tahmin edilmektedir. (Öztürk ve ark., 2005).

Bilindiği gibi hem H₂O 'da hem de H₂S 'de hidrojen bulunmaktadır. Bu iki bileşikten de hidrojen elde edilebilir. Dünya üzerinde H₂S 'den hidrojen elde etmek için yapılan araştırmalar sürmektedir. Hidrojeni elde etmek için kullanılan mevcut tekniklerin maliyetli olduğu açıktır. Örneğin; suyun elektrolizi yoluyla aşağıdaki reaksiyon kapsamında hidrojeni sudan ayırtmak için gerekli enerji ;



hidrojen - oksijen bağ enerjisi ile orantılıdır. Buradan da anlaşılacağı gibi hidrojenin elektroliz yoluyla sudan ayrıştırılması için uzun bir süreç ve aynı zamanda yüksek bir enerji gerekmektedir. Bununla birlikte H-S bağının parçalanması için gereken enerji suyun elektrolizine göre daha düşüktür. H₂S 'den aşağıdaki endotermik reaksiyon yoluyla;



suya göre daha az bir enerji ile hidrojen üretmek mümkündür. H₂S 'den elde edilen hidrojen enerjisi H₂O 'dan elde edilen enerjiye göre daha kârlıdır. Bununla birlikte H₂S 'den enerji eldesinde ek ürün olarak kükürt (S) açığa çıkmaktadır. Açığa çıkan bu kükürt endüstriyel alanda kullanılabilir; kendi içindeki bu döngü önemli bir kârlılık oranını ve çevresel uyumu beraberinde getirmektedir (Öztürk ve ark., 2005).

Hidrojen içten yanmalı motorlarda doğrudan kullanımının yanısıra katalitik yüzeylerde alevsiz yanmaya da uygun bir yakıttır. Ancak dünyadaki gelişim hidrojeninin yakıt olarak kullanıldığı yakıt pili teknolojisi doğrultusundadır [11].

4.7.4 Hidrojen Enerjisinin Avantajları ve Dezavantajları

Hidrojenin belki de en önemli özelliği, depolanabilir olmasıdır. Bilindiği gibi, günümüzde büyük tutarlarda enerji depolamak için hala uygun bir yöntem bulunmuş değildir. Hidrojen gaz veya sıvı olarak saf halde tanklarda depolanabileceği gibi, fiziksel olarak karbon nanotüplerde veya kimyasal olarak hidrür şeklinde depolanabilmektedir.

Hidrojen karbon içermediği için fosil yakıtların neden olduğu çevresel sorunlar yaratmaz. Şu aşamada su ya da fosil yakıtlarda elde edilebilmesi için çok fazla elektrik harcanıyor. Hidrojenin nakli, küçük miktarları için bile büyük tanklarla yapılıyor. Üretimi ve nakli, zor ve pahalı. Bu bedeli kaldıracabilecek olan sektörlerde kullanılıyor. Uzay uçuşları, süper iletkenlik, manyetik rezonans uygulamaları gibi. Saklanması da güç. Bu depolama sorunu, otomobil yakıtı olarak kullanılabilmesinin önünde ciddi bir engel oluşturuyor. Bu engeller aşılabildiği takdirde, ısınmadan elektrik üretimine kadar çeşitli alanların ihtiyacına cevap verebilecektir. 2010 yılından itibaren hidrojenin ticari amaçlar için kullanılması düşünülmektedir. Her türlü maliyet göz önüne alındıktan sonra ilk yıllarda benzinden daha pahalı olması beklenmektedir. Fakat gelecek yıllarla birlikte çevresel katkıları da göz önüne alındığı zaman bu maliyetin çok daha aşağılara çekilmesi hesaplanmaktadır [11].

5. SONUÇ VE TARTIŞMA

Küresel ısınmanın ve kullanılmakta olan fosil enerji kaynaklarının tükenmek üzere olmasının getirdiği koşullar içinde alternatif enerji arayışları sürmektedir. Doğaya saygılı enerji kaynaklarının kullanım ihtiyacı arttıkça, yeni enerji kaynakları konusunda yapılan araştırma faaliyetleri de günden güne artmaktadır. Temiz enerji kaynaklarını kullanmanın avantajları ise herhangi bir enerji hammaddesinden tam bağımsızlık, doğal afetlere karşı güvenlik, enerji kaynağının çeşitlendirilmesi ve merkezi enerji üretiminden kurtulmak olarak sıralandırılabilir. Alternatif enerji kaynaklarının yaygın kullanımı ile daha değişik bir dünya görüşü günlük yaşamımıza hakim olacaktır. Sınırsız ve

sorumsuzca enerji tüketiminin yerini bilinçli, çevreye saygılı ve ihtiyacı karşılamaya yönelik enerji kullanımı alacaktır.

Gelişmekte olan ülkemiz için de enerji, tüm dünyada olduğu gibi en önemli stratejik konulardan biridir. Türkiye petrol ve doğalgaz konusunda dışa bağımlıdır. Enerji konusunda dışa bağımlılığımızı azaltmak ve tükenen enerji kaynaklarının yerine yenilerini koymak için üniversitemiz ve sanayicilerimiz işbirliği yaparak araştırma geliştirme çalışmalarına öncelik vermelidir. Bunun için öncelikle Türkiye yenilenebilir enerji politikasını en kısa zamanda oluşturmalı ve elinde mevcut olan çok değerli yenilenebilir enerji kaynaklarını değerlendirmek için zaman kaybetmeden çalışmalara başlamalıdır.

Şu an Türkiye en çok hidroenerjiden yararlanmaktadır. Oysa ki ülkemizin çok büyük bir jeotermal kaynak potansiyeli vardır. Jeotermal kaynaklardan ısınma ve elektrik üretimi amacıyla yararlanmak enerji ihtiyacımızın büyük bir bölümünü karşılamamızı sağlayacaktır.

Ülkemiz yıl içindeki güneşlenme süreleri bakımından birçok ülkeden daha şanslıdır. Bu da Türkiye'nin güneş enerjisi kullanarak elektrik enerjisi üretmesine imkan vermektedir. Türkiye'nin bu büyük güneş enerjisi potansiyelini değerlendirebilmesi için bu konudaki bilimsel çalışmalara önem vermesi ve bütçe ayırması gerekmektedir. Öncelikle buna mikro boyutta önem verilerek başlanılabilir. Evler ve diğer kuruluşlar sıcak su elde etmek için güneş enerjisinden yararlanmaya teşvik edilmelidir. Akdeniz bölgesinin güneşlenme süresi göz önüne alınarak başta Akdeniz bölgesi olmak üzere büyük çapta projeler hazırlanmalıdır.

Ülkemiz bir tarım ülkesi olduğundan, tarımsal atıklar, yağ atıkları ve evsel bazı atıklar sayesinde biyolojik yakıt elde edebilir. Biyokütle enerjisini görmezden gelmemek, hem tarımsal ve evsel atıklarımızın değerlendirilmesini sağlayacak hem de ısınma ihtiyacımızın çoğu biyokütle enerjisinden sağlanarak doğalgaza bağımlılığımız azalacaktır.

Rüzgar enerji kapasitesinin de çok azını kullanan ülkemiz artık yenilenebilir enerji kaynağı kullanımı için gerekli çalışmaları yapmalı, gerçekçi rüzgar haritaları çıkarılarak bu bölgelerdeki uygunluğa bakılmalıdır. Uzun vadeli düşünerek yüksek maliyeti göze almalı ve gelecek kuşaklara enerji konusunda dışa bağımlı olmayan, temiz hava sahalı bir ülke bırakmalıdır.

Hidrojen enerjisi "21. yüzyılın enerji taşıyıcısı" olmaya en büyük adaydır. Türk bilim adamları ülkemiz sularından hidrojen elde etmek için çalışmalar yapmalı ve 21. yüzyılın gerektirdiği teknolojiden ülkemizin de yararlanması sağlanmalıdır.

Doğa, tüm insanların çevreye zarar vermeden hatta sanayileşerek konforlu yaşam düzeyini yükseltmesine yetecek kaynaklara ve olanaklara sahiptir. Doğadan aldığımız kadar, yine doğaya kazandırmak koşulu ile, dengeyi bozmasak, çevreden aldığımızı yararlandıktan sonra yine aynı özellikte geri verirse, doğal dengenin kurulmasına imkan ve zaman bırakırsak, doğa kendi kendini yenileyebilir. Yenilenebilir enerji kullanımı; enerji kaynaklarında çeşitliliği artıran, azalmakta olan fosil kaynakların yerini alabilecek, fosil yakıtların yerine kullanılarak hava kirliliği-sera gazı sorunlarına çözüm getirecek bir seçenektir. Bu nedenle yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı çok büyük önem arz etmektedir. 21. yüzyıl dünyasının küresel ısınmadan kurtulmasının ve temiz bir atmosfere sahip olabildiğinin en önemli yollarından biri yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanmaktır.

6. KAYNAKLAR

- Altın, V. (2002). Enerji. *Bilim Teknik Dergisi ücretsiz eki-Yeni Ufuklara*, 2-23. (ocak 2002 sf.18)
- Akaydın, M. (2005). *Akdeniz Üniversitesi Sıfır Emisyon Kampus Stratejisi*. www.akdeniz.edu.tr adresinden 04.12.2008 tarihinde indirilmiştir.
- Ece, J.N., (2008). Okyanus Isısı Enerjisi. www.denizhaber.com adresinden 12.12.08 tarihinde indirilmiştir.
- Denizhan, Y. (2008). Herkesin Hayatını Etkileyecek Tercihlerin Bugün Yapılması Gerekıyor. *Endüstri ve Otomasyon*, 139, 82-88.
- Güner ve Albostan (2007). *Türkiye'nin Enerji Politikası*. IV. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu, Bildiriler
- Karaosmanoğlu, F. (2002). Ulusal Enerji Forumu 2002, Enerjimizin Geleceğine Bakış. *Bilim ve Teknik*, 70-72.
- Kırtlar, D., Kapucu, S., Yaylacı, Y. (2007). www.cografyaogretmeni.org adresinden 12.12.08 tarihinde indirilmiştir.
- Kumbur, H., Özer, Z., Özsoy, D. H., Avcı, E. D. (2005). *Türkiye'de Geleneksel ve Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Potansiyeli ve Çevresel Etkilerinin Karşılaştırılması*. III. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu, Bildiriler.
- Öztürk, N., Bilgiç, M., Arslan, C., (2005). *Hidrojen enerjisi ve Türkiye'deki hidrojen potansiyeli*. III. Yenilenebilir enerji kaynakları sempozyumu, Bildiriler.
- Sağlam, M., Uyar, T.S (2005). *Dalga Enerjisi ve Türkiye'nin Dalga Enerjisi Teknik Potansiyeli*. III. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu, Bildiriler.
- Şenpınar, A., Gençoğlu, M.T., (2006). Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Çevresel Etkileri Açısından Karşılaştırılması. *Doğu Anadolu Bölgesi Araştırmaları*, 49-54.
- Şimşek, E.N., (2005). *Deniz Akımları Enerjisi Ve Türbinleri*. III. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu, Bildiriler.
- Uyar, T.S. (2004). *Yenilenebilir Enerji*. www.bugday.org adresinden 04.12.2008 tarihinde indirilmiştir.
- Yılmaz, Ö. (2005). *Hidroelektrik Enerji Üretiminin Çevresel Boyutları*. Çevre Enerji Kongresi Bildiriler, 421-426.
- [1] <http://www.enerjikaynaklari.net/jeotermal>
- [2] <http://www.bilgiustam.com/yenilenebilir-enerji-ve-kaynaklari-nelerdir/>
- [3] <http://www.bugday.org/article.php?ID=79>.
- [4] <http://www.eie.gov.tr/>
- [5] <https://e-hizmet.iso.org.tr/seminer/GecmisSeminerler.aspx>
- [6] <http://www.fizik.us/alternatif-enerji/6.-biyokutle-enerjisi.html>
- [7] <http://www.ekoses.com/ekolojikyasamportali/bpg/publication>
- [8] http://www.kenthaber.com/Arsiv/Haberler/2008/Agustos/01/Haber_437400.aspx
- [9] http://www.bbc.co.uk/turkish/indepth/story/2006/02/060216_energy_renewables.shtml
- [10] <http://tr.wikipedia.org/>
- [11] http://www.eie.gov.tr/hidrojen/hidrojen_enerjisi.html
- [12] http://www.eie.gov.tr/hidrojen/yakit_pilleri.html