

## YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARININ POTANSİYELİ: FREİBURG (ALMANYA) ÖRNEĞİ

Potential Of Renewable Energy Sources: The Case Of Freiburg (Germany)

Dr. Filiz SİVASLIOĞLU<sup>1</sup>

**Cite As:** Sivaslıoğlu, F. (2021). "Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Potansiyeli: Freiburg (Almanya) Örneği", International Journal of Disciplines Economics & Administrative Sciences Studies, (e-ISSN:2587-2168), Vol:7, Issue:31; pp:534-545

### ÖZET

Yaşadığımız dünyada enerji gereksinimi belirli bir şekilde artmakta, temiz ve yenilenebilir enerji kaynakları üzerinde yapılan çalışmalar önem kazanmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynakları, sürdürülebilir enerji kullanımı sağlamakta ve aynı zamanda, bu kaynaklarla çevreye verilen zararlar en aza indirilmektedir. Dünyada bugün tüketilen enerjinin %20'si yenilenebilir kaynaklardan elde edilmektedir. Şu durumda fosil kaynakların tüketimi fazla gibi görünmesine rağmen yıllar itibari ile yenilenebilir kaynak kullanım potansiyeli artış göstermektedir. Uzun vadede ülkeler dışa bağımlılıklarını azaltarak kendi yerli kaynakları ile ihtiyaçlarını karşılamaları sonucunda, enerji faturaları önemli ölçüde azalmakta ve milli gelirden istihdama, çevresel faktörlere, enerji arz güvenliğinden kaynak çeşitliliğine kadar birçok alanda faydalar sağlanmaktadır. Bir enerji kaynağının var olması için bu kaynakların kapasitesi, çevreye uyumu, ekonomik faktörler ve sürekliliği gibi parametreler göz önünde bulundurulmalıdır. Bu çalışmada insanlık için çok önemli olan enerji potansiyelinin daha etkin ve verimli şekilde değerlendirilmesi, artan enerji ihtiyacının alternatif enerji kaynakları ile karşılanması ve çevreye verilen zararların en aza indirilmesi gerektiğinin önemine değinilmiştir. Freiburg şehri örneği ile yenilenebilir enerji kaynaklarının üretiminin ülke kalkınmasına olan etkilerine dikkat çekilmek istenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Fosil Kaynaklar, Yenilenebilir Enerji Kaynakları, Çevre, Freiburg (Almanya)

### ABSTRACT

In the world in which we live, the energy requirement increases in a certain way, and studies on clean and renewable energy sources become important. Renewable energy sources ensure sustainable energy use, and at the same time, damage to the environment is minimized with these resources. 20% of the energy consumed in the world today is obtained from renewable sources. Although the consumption of fossil resources seems to be excessive in this case, the potential for using renewable resources increases over the years. As a result of the fact that countries meet their needs with their domestic resources by reducing their external dependence in the long term, energy bills are significantly reduced and benefits are provided in many areas, from national income to employment, environmental factors, energy supply security to resource diversity. In order for an energy source to exist, parameters such as the capacity of these resources, their adaptation to the environment, economic factors and their continuity must be taken into account. In the study, the importance of evaluating the energy potential, which is very important for humanity, more effectively and efficiently, meeting the increasing energy needs with alternative energy sources and minimizing the damage to the environment was mentioned. With the example of the city of Freiburg, it was desirable to attract attention to the impact of the production of renewable energy sources on the development of the country.

**Key Words:** Fossil Sources, Renewable Energy Sources, Environment, Freiburg (Germany)

## 1.GİRİŞ

Enerji insanlığın günlük hayatını devam ettirebilmesi için gerekli olan temel ihtiyaçlardan biridir. Her geçen gün hayatımıza daha fazla yerleşen enerji, iş yapabilme kapasitesi ve yeteneği olarak, sanayi, konut ve ulaştırma gibi sektörlerde kullanılmaktadır. Aydınlanmadan, ısınmaya, ulaşımdan, cihazlarımızın çalışmasına kadar her alanda enerjiye ihtiyaç duyulmaktadır. Enerji tüketiminin yarısının binalarda kullanıldığı düşünüldüğünde, enerji israfının önüne geçildiğinde yaşam şartları iyileşecektir. Enerji kaynaklarının kapasitesi, çevreye uyumu, ekonomik etkenler, devamlılık gibi faktörler sürdürülebilirlik ve yenilenebilir kavramlarını gündeme getirmektedir. Dünya nüfusu gitgide çoğalmakta teknoloji gelişmekte, yenilikler ve ihtiyaçlar değişmektedir.

Tarihte ilkel uygarlıklarda ateşin bulunması ile enerji ve insanlığın gelişim süreci başlamıştır. Odunsu bitkilerin yakılması sonucu oluşan ısı ve ışık enerjisi ile insanlığın uzun yıllar kullandıkları kaynak olan enerji oluşmuştur. İnsanlık ne kadar eski ise enerji de o kadar eskidir. Nüfusun artması ile enerjiye duyulan ihtiyaç da artmıştır. Bu gereksinim sonucunda yeni teknikler geliştirilmiştir. Sanayi devrimi ile birlikte buharlı makineler gelişmiş ve yeni enerji çağı başlamıştır. Kıta Avrupa'sında özellikle İngiltere'de başlayan bu gelişmeler tüm dünyaya yayılmıştır. Sanayi Devrimi ile dünyanın kirlenme süreci hızlı bir şekilde başlamış ve dünyaya hiçbir canlının vermediği kadar zarar verilmiştir. Kirlenme süreci ilk olarak 1952 yılında Avrupa'da 4 bin kişinin öldüğü Londra kirli hava sisiyle (London Smoke) başlamıştır. Bu şok ile

<sup>1</sup> filizsivaslioglu@gmail.com İstanbul/Türkiye

kaynakları tüketerek gelişme sağlanamayacağı anlaşılmış ve 'Temiz Enerji ve Sürdürülebilir Gelişme' kavramları ortaya çıkmıştır (www.radical.com.tr)

## 2. FOSİL KÖKENLİ ENERJİ KAYNAKLARI

Çok eski çağlardan günümüze kadar enerji ihtiyacı için kolay bulunabilen ve kolay dönüşebilen kaynaklar olan fosil kökenli kaynaklar tercih edilerek ısınma, elektrik üretimi ve hareket gücü elde edilmiştir. Gelişmiş ülkeler kalkınmalarını korumak için, gelişmekte olan ülkeler ise gelişme sürecinde başarılı olmak için enerjiye ihtiyaç duymuşlardır. Enerjiye olan talep sonucunda, kaynakların rezervleri azalmakta, değerleri ve fiyatları artmaktadır. Böylece yeni kaynak arayışları hız kesmeden devam etmektedir.

Fosil enerji kaynakları (kömür, petrol, doğalgaz, nükleer) katı, sıvı ve gaz halindeki kaynakların çeşitli reaksiyonlar sonucunda içlerinde bulunan enerjinin dışarı çıkması sonucu oluşmuştur. Yeni keşifler ve gelişmeler yaşandıkça enerji, elektrik gibi farklı formlara dönüşmüştür. Bu dönüşümler zaman içinde daha başka kaynaklarla zenginleşmiştir. Hayvansal ve bitkisel atıkların sıcaklık ve basınçla sıkışması ile yıllar içinde insanlık için çok önemli bir kaynak olan kömür meydana gelmiştir. Bu kaynak günümüzde elektrik üretiminde ve ağır sanayide kullanılmaktadır (Gibilisco, 2007). Ham petrol ve doğalgaz keşfedildikten kısa süre sonra yayılarak enerji kaynaklarının arasına girmiş ve yeni bir çağ başlamıştır. Bu kaynaklar kömürden daha kolay çıkarılması, birim miktar başına içerdiği enerji değerinin yüksek olması bakımından büyük avantaj sağlamıştır.

Fosil kökenli kaynaklar yakılarak enerji elde edilir ve tekrar kullanımı mümkün değildir. Mevcut kaynaklar aşırı tüketim sonucunda hızla azalmaktadır. Araştırmalara göre, 2030 yılında kömür rezervlerinin % 25'i, doğalgaz rezervlerinin % 65'i, petrol rezervlerinin % 85'inin yok olacağı öngörülmektedir (Alemdaroğlu, 2007). İstatistiksel değerlendirmeler sonucunda petrolün 41 yıl, doğalgazın 62 yıl, kömürün ise 230 yıl sonra rezerv kullanımı dolacaktır (Karaosmanoğlu, 2006). Aşağıda en çok kullanılan fosil kökenli kaynaklardan kömür, petrol, doğalgaz ve nükleer enerji kaynaklarının kısaca açıklamaları yer almaktadır.

### 2.1. Kömür

Kömür, karbon, hidrojen ve oksijenden oluşan az miktarda kükürt ve nitrojen içeren bir enerji hammaddesidir. Kömürler, kömürleşme süreci, jeolojik, fiziksel, kimyasal ve termik özellikleri ile nem, kül, sabit karbon miktarı, kükürt ve mineral madde açısından çeşitlilik göstermektedir. Fosil kaynakların içinde en çok bulunan, çeşitlilik, geniş destek ve daha fazla güç üretimi nedeniyle kömür tercih edilmektedir. 17. ve 18. yüzyıllarda ve sonrasında teknolojinin gelişmesi ile beraber enerji kullanımına ihtiyaç duyulması sonucu enerji kaynaklarında da değişiklikler meydana gelmiştir. Kömür kullanımı özellikle 18. yüzyılın sonlarında ısı ve enerji kaynağı olarak çok büyük öneme sahip olmuştur. Elektrik üretiminde küresel boyutta 1/3'ünden fazlası kömür ile sağlanmakta ve demir çelik endüstrilerinde önemli rol oynamaktadır. Gelecekte hava kirliliğine ve sera gazı salınımına sebep olmasına rağmen kömür kullanımı yine de önemli olmaya devam etmektedir. Ancak kömürün daha güvenilir kaynak olması, daha az kirlüten ve daha verimli teknolojilere sahip olması için hükümetler ve endüstrilerin daha fazla özen ve çaba göstermeleri gerekmektedir.

### 2.2. Petrol

Petrol, katı, sıvı ve gaz halde hidrojen ve karbondan oluşan karmaşık bir yapıya sahip dünyanın önemli enerji ve sanayi hammaddelerinden biridir. Denizlerdeki bitki ve hayvanların çürüdükten sonraki kalıntılarından oluşmaktadır. Bu kalıntılar deniz yatağında milyonlarca yıl çürüdükten sonra geriye sadece yağlı maddeler kalmaktadır. Çamur ve büyük kaya katmanları altında kalan yağlı maddeler de petrol ve gaza dönüşmektedir. Petrol, %30 parafinler,%40 naftenler, %25 aromatik hidrokarbonlardan oluşmaktadır. Geriye kalan % 5'lik kısmı ise oksijen, azot ve kükürt birleşikleridir. En çok bilinen petrol ürünü benzindir. 20.yy'da ekonomide önemli bir girdi olarak kullanılmasına rağmen dünyada yaşanan petrol krizleri, petrol fiyatlarının artışı, sağlığa zararı ve çevreye verdiği zararları nedeniyle kullanımı tartışılmaktadır.

### 2.3. Doğalgaz

Fosil kökenli kaynakların en temiz olan doğalgaz, hafif, renksiz ve kokusuzdur. Hidrokarbon esaslı doğalgaz, yer altında gözenekli kayaların boşluklarına sıkışmış olarak ya da petrol yataklarının üzerinde gaz halinde büyük hacimler halinde bulunur. En temiz yanan ve en hızlı büyüyen, son on yılda enerji talebine diğer yakıtlara göre 1/3 oranında cevap veren bir kaynaktır. Yeraltında petrolün yanında bulunan doğalgaz mutfaklarda, sanayide ve termik santrallerde elektrik üretmek amacıyla kullanılmaktadır. Aslında içinde bulunan karbon miktarı diğer gazlara göre daha azdır ve diğer fosil kaynaklarına göre doğaya salınan

karbondioksit miktarının da daha düşük olduğu söylenebilir. Elektrik santralleri ve evlerde kullanılan doğalgaz diğer fosil yakıtlara göre daha fazla tercih edilmektedir (Güner, 2016).

#### 2.4. Nükleer Enerji

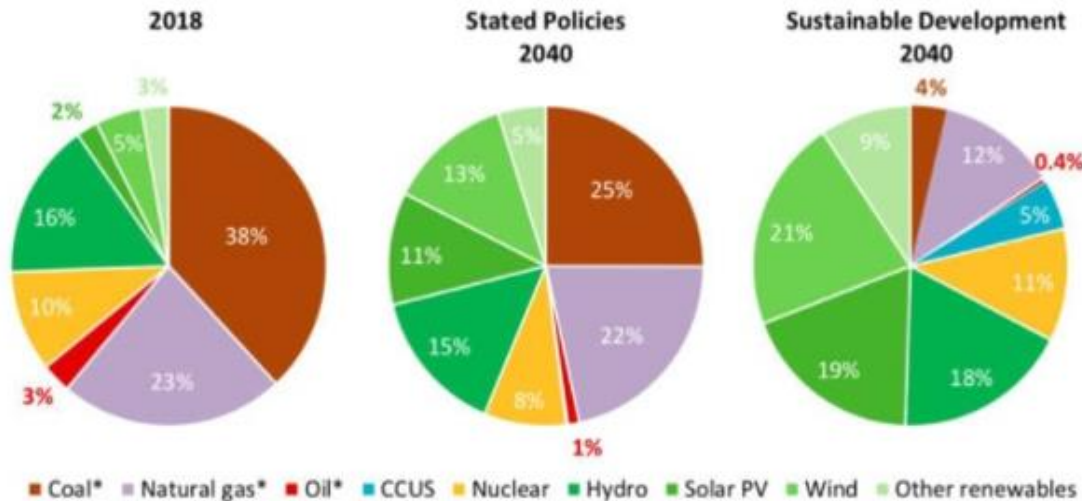
Fosil kaynaklara ek olarak diğer bir kaynak da nükleer enerji kaynağıdır. Radyoaktif olan atom çekirdeğinin nükleer tesislerde kontrollü bir şekilde parçalanması sonucu açığa çıkan ısı enerjisinin elektrik enerjisine dönüştürülmesi ile elde edilmektedir. Tabiiatta yer kabuğunun altında bulunan nükleer enerji, sınırlı rezervlerle bulunmakta ve tükenebilir (yenilenemez) enerji kaynakları arasında yer almaktadır. Nükleer enerji, tıp, tarım, endüstri ve araştırma alanlarında kullanılmaktadır. Nükleer enerji elde etmek için kurulan santrallerin, toprak kirliliği ve radyasyon gibi çevreye verdiği olumsuz etkilerin, diğer fosil yakıtlara göre daha az olduğu, yenilenebilir kaynaklara göre ise daha fazla olduğu söylenebilir.

### 3. FOSİL KÖKENLİ ENERJİ KAYNAKLARININ ÇEVREYE VERDİĞİ ZARARLAR

Fosil kaynakların yakılması sonucunda meydana gelen sera gazlarının çevresel felakete yol açtığı bilinmektedir. Sanayinin gelişimi ile birlikte, nüfusun hızla artması sonucunda büyük sanayi tesislerinin ekolojik dengeye yaptıkları tahribatla sınır ötesi etkiler meydana gelmiştir. Ekolojik dengenin bozulmasına neden olan bu yakıtlar yandıkları zaman oluşan reaksiyonda zararlı kimyasallar ortaya çıkmakta ve bu da canlılar için gerekli olan hava, su ve toprağın kirlenmesine sebep olmaktadır. Fosil kaynakların kullanımı sonucunda ortaya çıkan karbondioksit, yeşil bitkiler tarafından tutulmakta, gazlar atmosfere yerleşmekte ve güneş ışınlarının yeryüzüne yansımaları engellenmektedir. Bu olay sera etkisi olarak bilinmekte ve küresel ısınma ile iklim değişikliğine yol açmaktadır. Dünya ortalama sıcaklıkları son 50 yıl içinde 1,5 °C ile 4,5 °C arasında artarak kuraklıklara, aşırı yağışlar sonucu sel felaketlerine ve kutuplardaki buzulların erimesi sonucu okyanus seviyesinin yükselmesine sebebiyet vermektedir (Şahin, 2006). Yaşantımızı giderek etkilemiş bu duruma çözüm için öncelikle geleneksel yakıtların yerine daha temiz kaynakların tercih edilmesi çok önemlidir. Sera gazlarının salınımı, büyük bölümü sanayileşme gösteren OECD ülkeleri tarafından gerçekleştirilmektedir. Özellikle Asya ülkelerinde yüksek oranda CO2 emisyon artışı görülmektedir (IEA, 2009).

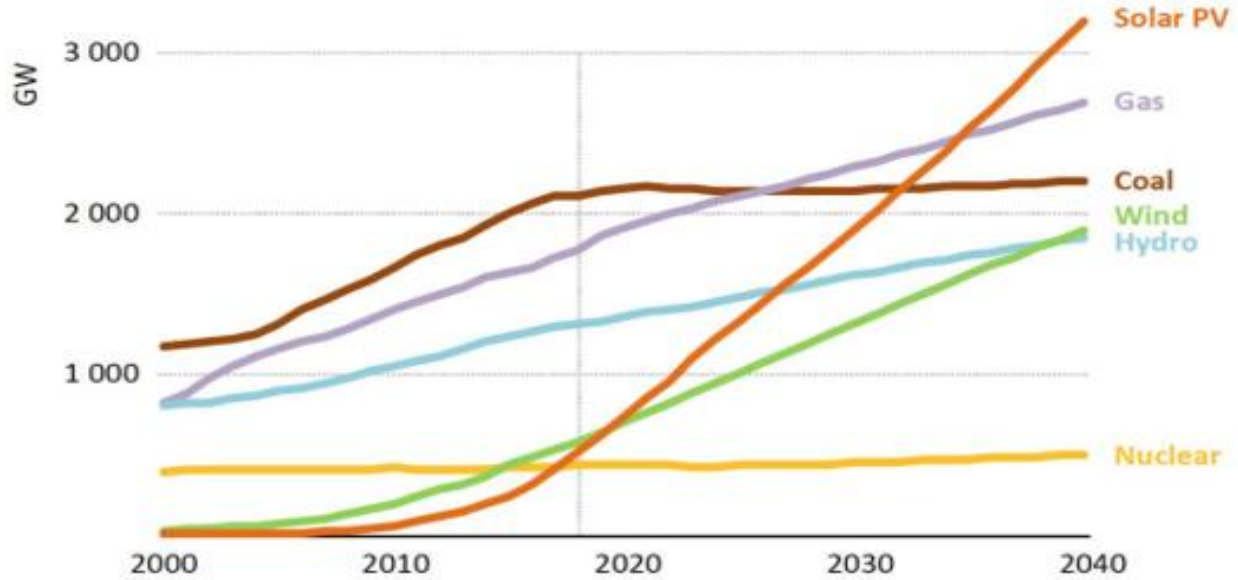
Son dönemlerde yaşadığımız fosil yakıtlardan kaynaklanan atmosferdeki kirlilik ve küresel ısınmanın sonucunda meydana gelen sorunlara daha duyarlı hale gelinmesi ile yenilenebilir enerji kaynaklarına ilgi artmıştır. Hükümetler yeni ve alternatif enerji kaynaklarından yararlanmak için yeni politikalar geliştirmektedirler. Fosil enerji kullanımı halen devam etmekle birlikte bu kaynakların dağılımındaki eşitsizlik, ulaşılabilirliğinin ve istenen miktarda elde edilmesinin artık daha zor olması ile sıkıntılar yaşanmaktadır.

Enerji tüm dünya ülkelerinde en önemli problem olarak görülmekte ve ülkelerin öncelikleri arasında ilk sıralarda yer almaktadır. Tarihe baktığımızda ülkelerin kalkınmasında enerji önemli faktörler arasındadır. Nüfus artışının hızla artması, şehirleşme, sanayileşme ve yaşam standartlarının yükselmesi ile enerji tüketimi artmaktadır. Ülkeler artan enerji ihtiyacını karşılamak için çevreye duyarlı, temiz, ucuz ve alternatif enerji kaynakları arayışlarına girmişlerdir.



Şekil 1. Fosil Kökenli Enerji Kaynakları ile Yenilenebilir Enerji Kaynakları Senaryosu  
Kaynak: IEA, (2018)

Uluslararası Enerji Ajansı'na (IEA) göre, 2018'de % 38 olan kömür, % 23 olan doğalgaz ve % 3 olan petrol gibi fosil yakıtların yerini, 2040'larda belirtilen politikalara göre, % 44 olarak hidro, güneş enerjisi, rüzgâr ve diğer yenilenebilir enerji kaynaklarının yer alacağı düşünülmektedir. 2040'daki sürdürülebilir gelişmeye göre ise, % 67 oranda yenilenebilir enerji kaynakları artış gösterecektir. Fosil yakıt tüketimi 2040'da yenilenebilir enerji kaynaklarının gerisinde kalacaktır. Kömür kullanımı bugün % 38'den 2040 'a gelindiğinde %5'e ineceği tahmin edilmektedir. Ülkeler aşağıdaki politika senaryolarını izlediklerinde, yenilenebilir üretimin payının bugünkü oranını iki katına çıkabileceği öngörülmektedir.



Şekil 2. Küresel Güç Kapasitesinde Belirtilen Senaryolar  
Kaynak: IEA (2018)

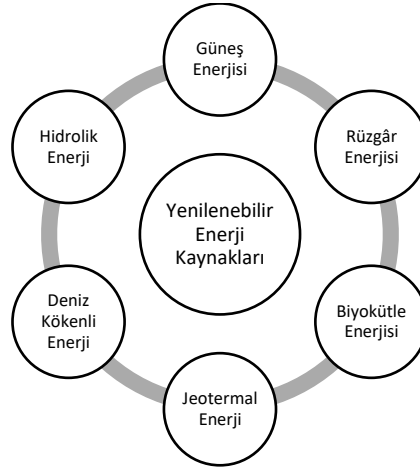
Şekil 2'de belirlenmiş politikalar senaryosunda, küresel enerji kapasitesinde güneş enerjisinin 2040'larda 3000 GW'nin üzerinde olacağı, nükleerlerin 1000 GW'nin altında kalacağı, kömür kapasitesinin ise 2000 GW'lerde olacağı öngörülmektedir. Son 22 yılda üç katına çıkan doğal gaz yakıtlı üretim ucuz kayagazı sunumuna bağlı olarak 2040 'da güneş enerjisinin gerisinde kalabileceği düşünülmektedir.

Ülkelerin yenilenebilir enerjiye önem vermeleri 1973 yılında petrol krizi ile başlamıştır. Tükenmekte olan enerji kaynaklarına alternatif aramada, enerji kaynaklarını çeşitlendirmede ve yeni politikalar oluşturmada önemli adımlar atılmıştır. 2000'li yıllarda bu adımlar sonucunda arayışlar hız kazanmış ve yenilenebilir enerji konusu gündeme gelmiştir. Araştırmalar sonucunda su, rüzgâr, güneş, jeotermal, hidrolik ve biyokütle gibi kaynakların enerji üretebileceği düşünülmüştür. Bu kaynakların yenilenebilir özelliği olması yani tükenmemesi ayrıca da çevreye zararının yok denecek kadar az olması, insanların bu kaynaklara yönelmelerine sebep olmuştur. Petrol, doğalgaz, kömür, nükleer gibi fosil kaynaklar yani yenilenemeyen kaynaklar yerine yenilenebilen ve tekrar tekrar kullanılabilen kaynaklar tercih edilecektir.

#### 4. YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI

Yenilenebilir enerji, doğal kaynaklardan elde edilen, sürekli ve tekrarlanabilen enerjiler olarak tanımlanmaktadır. Uluslararası Enerji Ajansı'na göre, yenilenebilir enerji; "*doğal yollarla elde edilebilen ve sayısız olarak kendini yenileyebilen kaynaklardır*" diye tanımlanmaktadır (IEA, 2005). Dünyayı aydınlatan ve ısıtan güneş enerjisi, doğada bulunan havadan elde edilen rüzgâr enerjisi, nehirlerdeki ve barajlarda depolanan suyun enerjisi ve yerkürenin derinliklerindeki sıcak suyun enerjisi, atıklardan üretilebilen biyokütle enerjisi ve deniz kökenli enerji, canlılar için önemli enerji kaynaklarıdır.

Yenilenebilir kaynaklar günümüzde enerji sıkıntısının ve çevresel sorunların çözümünde ve ticari sektörde kullanım alanları bulunan önemli potansiyele sahip olan kaynaklardır. Güneş, rüzgâr, biyokütle, jeotermal, hidrolik ve teknik olarak enerji üretimi mümkün ekonomik boyutu zayıf olan deniz kökenli enerjiler gibi doğada kendiliğinden var olan ve fosil enerji kaynaklarının tersine, zaman içinde tükenmeyen, kömür, petrol, doğalgaz, nükleer gibi yenilenemeyen enerjilerin alternatifleridir.



Şekil 1: Yenilenebilir Enerji Kaynakları

Kaynak: Yazara aittir.

Fosil kaynakların doğada sınırlı olması ve bir gün tükenecek olması ile alternatif olan kaynak arayışı zorunlu hale gelmiştir. Ayrıca fosil kökenli kaynakların çevre üzerinde olumsuz etkisinin giderek artması, canlılar üzerinde tehlikeli bir durum oluşturmuştur. Küresel ısınma sonucunda iklim değişikliğinin tabi afetlere yol açması buna en somut örnek olarak gösterilebilir. Canlıların dünyada yaşam sürebilmeleri için enerji kaynaklarının yenilenebilir olmaları oldukça önemlidir. Artan enerji talebini karşılayacak ve ekolojik dengenin korunmasını sağlayacak şekilde yenilenebilir enerji kaynaklarına ihtiyaç doğmaktadır. Dünyayı etkisi altına alan Covid-19 salgınına rağmen, 2020 yılında yenilenebilir enerji kaynakları talep edilen tek enerji kaynakları olmuştur. Diğer tüm yakıtların tüketimi pandemi kısıtlamaları sonucunda azalmıştır. Yenilenebilir enerji kaynakları 2020’de yıllık olarak % 45 kapasite artımı ile 280 GW’ye ulaşmış bu da 1999’dan günümüze yıllık olarak en yüksek artışı sağlamıştır. Tahminlere göre, güneş PV gelişimi 2022’ye kadar 162 GW’la rekor seviyeye ulaşacaktır. Bu rakamın da pandemi öncesi seviyeden neredeyse % 50 daha fazla olduğu görülmektedir. Küresel bazda baktığımızda 2021’de rüzgâr kapasitesi % 90’dan fazla artış göstererek 114 GW’a ulaşarak 2019 ortalamasının % 50 üzerinde olmuştur.

OECD’nin verilerine göre, toplam yenilenebilir enerji üretimi son on yılda toplam enerji üretiminin % 31,6’sını oluşturmaktadır. Avrupa’da yenilenebilir enerji üretimi fosil enerji üretiminden daha fazladır. Kömür kullanımı 2020’de 1,983 TWh üretim ile 2019’a göre %15 daha düşüktür. Doğalgazdan elde edilen enerjinin payı artmaya devam etmiş ve toplam 3,048 TWh üretimle % 29,5 artış göstermiştir. Yine OECD’ye göre, yenilenebilir enerji üretimi 2020’de 2019’a göre %7,5 artışla 228,8 TWh’dan, 3.269 TWh’ye yükselmiştir. Bu oran 2020 yılında 922,4 TWh’lik oranda rüzgâr enerjisinden karşılanmıştır. Bu da % 11,6 veya 95,8 TWh olarak daha fazla yüksektir. Hidroelektrik üretimi 2020’de 2019’a göre % 3,5 veya 52,3 TWh oran artışla 1,556,9 TWh olmuştur. Güneş enerjisi üretimi, 2020’de 2019’a göre, % 20,2 veya 72,5 TWh artarak 433,9 TWh olmuştur. Neredeyse tüm OECD ülkelerinde güneş enerjisi üretimi 2019’a göre daha fazla artış göstermiştir. Artışın nedeni ABD’deki yüksek üretimden kaynaklanmaktadır. 118,8 TWh ile 2019’a göre, % 23,3 veya 22,5 TWh daha fazla yükselerek yaklaşık 100 GW toplam kurulu kapasiteye ulaşmış ayrıca da 20 GW güneş PV kapasitesi ilave edilmiştir. ABD 10 yıl içinde güneş kapasitesini artırmaya devam edecek ve üretim kapasitesini dört katına çıkaracağı tahmin edilmektedir.

Japonya güneş üretimi konusunda dünyada ikinci en büyük artışı göstermiştir. 2020’de 81,9 TWh ile 2019’a göre % 14,6’lık bir artış göstermiştir. Fukushima’da meydana gelen nükleer felaketin ardından yenilenebilir enerjiye yatırım yapmaya başlanılmıştır. Yıllık 8 GW ortalama kapasite artışı ile OECD’deki güneş enerjisi üretiminde Japonya ikinci ülke konumuna gelmiştir.

Avustralya, güneş enerjisi sektörüne yatırım yapan ülkeler arasında sayılmaktadır. 2019’a göre 2020’de % 23,5 veya 4,2 TWh artış göstererek 22,2 TWh olmuştur. Çatı üstü güneş enerjisi 2,6 GW ek kapasite ile % 18 daha yükselmiştir. ABD’de rüzgâr enerjisi üretimi 2020’de 36,3 TWh veya % 12,3 artış göstererek 331,3 TWh olmuştur. Amerika 120 GW toplam rüzgâr kapasitesi elde etmek için 14 GW rüzgâr kapasitesine sahip santraller kurmuştur.

Avrupa’da 2020’de rüzgâr üretimi bir önceki seneye göre 47,2 TWh ile % 10,6 artış göstermiştir. 2020’nin ilk çeyreğinde 260,0 TWh ile % 14,7 artışa ulaşmıştır. O dönem rüzgâr fırtınasının yaşanması ile yenilenebilir hava koşulları elverişli hale gelmiştir. 2020 Şubat ayı verilerine göre, 62,3 ile en yüksek rakam kaydedilmiştir (OECD, 2020).

Uluslararası Yenilenebilir Enerji Ajansı (IRENA) ‘na göre, 2020’de COVID-19 salgınının neden olduğu ekonomik yavaşlamaya rağmen küresel olarak yenilenebilir enerjinin kapasitesi 260 gigawatt (GW) yani % 50 oranda artış göstermiştir. Yenilenebilir enerjilerin % 91’ini güneş ve rüzgâr enerjileri oluşturmaktadır. Bu enerjilerin Avrupa, Kuzey Amerika ve Avrasya’da toplam içindeki payı artmış ve fosil yakıtların da 2019’da 64 GW olan kapasitesi 2020’de 60 GW’ye düşmüştür (Ewind.es. 2021). Yenilenebilir enerjilere (güneş enerjisi, rüzgâr enerjisi, biyokütle enerjisi, jeotermal enerji, hidrolik enerji ve deniz kökenli enerji) kısaca değinmek gerekirse:

#### 4.1. Güneş Enerjisi

Dünyadan 1,3 milyon kat daha büyük olan güneş enerjisi en önemli enerji kaynağıdır. Enerji akışlarının hemen hemen hepsi güneş enerjisi sayesinde gerçekleşmektedir. Güneş enerjisi değişim göstererek çeşitli enerjilere (rüzgâr, deniz dalgası, okyanus sıcaklık farkı ve biyokütle) dönüşebilir. Güneş enerjisinin bitmeyen ve tükenmeyen bir enerji kaynağı olması, kolay işlenebilmesi, mekanik olarak yıpranmaması, modüler olarak kullanılabilmesi, kurulum süresinin kısa olması, problemsiz çalışması, çevre açısından koruma sağlaması gibi birçok sebeplerle dünya çapında tercih edilmesine sebep olmuştur (Varınca ve Gönüllü, 2006).

Güneş enerjisi, evlerde sıcak su sağlama, mekanlarda ısıtma ve soğutma, endüstride, tarımda sulama, kurutma ve pişirme alanlarında kullanılmaktadır. Güneş kütlelerinin saniyede 5 milyon tonluk kısmı ısıya ve ışığa dönüşmektedir. Okyanuslar, atmosfer ve yer küre güneşin ışınları sayesinde ısınmaktadır. Ayrıca güneş ışınlarının önemli bölümü bitkilerin fotosentezinde kullanılmaktadır.

Güneş enerjisinden yararlanmak için yapılan çalışmalar 1600 yılında Galile’nin merceği keşfetmesi ile başlamış ve 17. yy’ dan sonra da bu çalışmalar hız kazanmıştır. 1950’li yıllarda güneş enerjisi kullanımı yaygınlaşmaya başlamıştır. Ancak ilk yatırım maliyetinin yüksek olması, petrolün ve doğalgazın daha ucuz olması nedeniyle rekabet gücü elde edilememiştir. 1970’lerde küresel petrol krizlerinin yaşanması ile güneş enerjisi elde etme çalışmalarına hız verilmiştir. Güneş ışınlarının dünyaya geliş miktarının değişkenlik göstermesine rağmen  $170 \text{ W/m}^2$  olduğu düşünülmektedir. Bir yılda dünyada  $1 \text{ m}^2$ ’lik alana denk gelen güneş enerji miktarı bir varil petrole eşit, 200 kg kömüre eşit ve  $143 \text{ m}^3$  doğalgaza eşittir (Goswami, 2007).

Güneş enerjisinden düşük sıcaklık ve elektrik elde edilmektedir. Sanayide güneş enerjisi kullanımı ısı, buhar ve elektrik üretimi şeklindedir.  $100^\circ\text{C}$ ’nin altı için güneş kolektörleri, güneş havuzları ve daha yüksek sıcaklıklar için güneş ışınlarını yoğunlaştıran toplayıcılar kullanılmaktadır. Bu enerjiler farklı alanlarda değerlendirilmektedir.

Uluslararası Enerji Ajansı (IEA), güneş fotovoltaiklerinin (PV), ülkelerin doğru politikalar ve hedeflerle önümüzdeki yirmi yılda fosil yakıtları geçerek dünyanın en önemli güç kaynağı olabileceğini açıklamıştır. 2018’de Çin güneş kapasitesi kullanımı GW 77,5, Japonya’nın GW 42 ile dünyada en önde gelen ülkeleri arasında bulunmaktadırlar. Güneş enerjisini en az kullanan ülkeler arasında ise İspanya ve Avustralya gelmektedir.

#### 4.2. Rüzgâr Enerjisi

Hayatın temel kaynağı ve dayanağı olan güneş ışınlarının dünyanın yüzeyini ısıtması sonucunda oluşan enerji rüzgâr enerjisidir. Rüzgâr, yeryüzüne gelen güneş enerjisinin % 2’lik kısmının farklı ısınması, nem ve basınç olaylarının farklılaşması sonucunda havanın hareket etmesiyle oluşmaktadır. Güneş enerjisinin atmosferdeki ısı değişiklikleri ile yeryüzünün coğrafi şekilleri ve dünyanın kendi eksenini etrafında dönmesinin sonunda hava akımı meydana gelmektedir. Havanın güneş tarafından ısınması sonucunda hava yükselir ve ardında boşluk meydana gelir ve bu boşluk soğuk hava tarafından doldurulur. Bu hava hareketleri rüzgâr olarak adlandırılır. Güneş var olduğu sürede kullanılacak olan rüzgâr enerjisi, kaynakların en gelişmiş, endüstriyel açıdan en uygun olanı, çevreye duyarlı, tükenmeyen bir enerji kaynağıdır. İnsanlığın var olmasından itibaren yararlanılan en eski kaynaklardandır. Batıda yelkenli gemilerin hareket kaynağı, doğuda ise rüzgâr gücüyle çalışan yel değirmenlerinin kullanımında yer almıştır. Rüzgâr gücünün enerji üretiminde kullanılması ile ilgili çalışmalar 19. yüzyılın sonlarında Danimarka’da İngiliz asıllı J.Semeaton tarafından başlamış ve daha sonra 1894’de ilk elektrik üretimi ile devam etmiştir. Bu üretim düşük verimli ve gücünün az olmasına rağmen Almanya, ABD ve İngiltere gibi ülkeler faaliyetlerinde kullanmaya başlamışlardır. 1980’li yıllardan sonra çalışmalar hız kazanmış ve eski model jeneratörlerin yerini modern rüzgâr tribünleri almıştır. Günümüzde modern toplumlar için gerekli olan elektrik enerjisi, verimliliği artırılmış olan rüzgâr gücünden sağlanmaktadır.

Rüzgârdan enerji elde etme kapasitesi 2019'a oranla 2020'de iki katına çıkmıştır. ABD, Çin'i takip ederek dünyada rüzgâr enerjisini kullanan ülkeler arasında ikinci sıradadır. Diğer ülkelerde kapasitelerini 1GW'den fazla artırmışlardır. Rüzgârın gücü ile üretilecek enerjide miktarın hesaplanmasında rüzgâr hızı formülü kullanılmaktadır. Formülün sadeleştirilmiş hali şu şekildedir.

$$P=1/2mxV^3$$

P: Üretilecek enerjinin miktarı (watt/m<sup>2</sup>)

m: Havanın kütle yoğunluğu

V: Rüzgârın hızı

Rüzgârın hızı arttıkça enerji miktarı artmakta ve rüzgâr elde etmek için kurulacak santrallerin sayesinde rüzgâr hızı doğru ölçülmektedir. Rüzgârın daha hızlı estiği yüksek yerlerde kurulan santrallerde daha fazla enerji üretilmekte ve verimlilik de daha fazla olmaktadır.

### 4.3. Biyokütle Enerjisi

Güneş enerjisinin bitkilerin bünyesinde fotosentez aracılığı ile tutunması sonucunda enerjinin depolanması biyokütle enerji olarak tanımlanmaktadır. "Organik karbon" tanımı da yapılmaktadır. Bitkilerin varlığı, toprak ve iklim koşullarının uygun olması sonucunda güneş enerjisi biyokütle enerjisinin hazırlanmasına ve hızlanmasına etki etmektedir. Biyoyakıtlarda bulunan "karbon"un karbondioksiti parçalaması sonucunda atmosferde karbondioksit artışı azalmaktadır. Biyokütleden elde edilen yakıtlar arasında biyogaz, biyoetanol ve biyomotorin kullanımı en çok kullanılanlar arasındadır. Biyogaz üretimi Çin, Hindistan, Tayland, Filipinler, Kore, İsviçre, ABD ve Almanya gibi ülkelerde yapılmaktadır. Biyogazı oluşturan maddeler standart değildir ve maddeler bileşimlerine göre renksiz ve yanıcı bir gazdır.

Biyoenjeri sağlamak için, malzeme ve alkol verimi yüksek olan pek çok değişik bitki yetiştirilmektedir. Alkol verimi yüksek olan şeker kamışı, odun (ağaç), sorgum ve mısır gibi yıllık bitkiler C4 tipi bitkiler olarak adlandırılırlar. Bu bitkiler CO<sub>2</sub> ve suyu daha verimli kullandıklarından fotosentetik açıdan yüksek bitkilerdir. Ayrıca da kuraklığa daha iyi dayanmaktadırlar. Aşağıdaki tabloda birim alandan en yüksek verim şeker kamışından elde edilirken, odun ve sorgumun verimliliğinin yüksek olduğu, mısırın veriminin de diğerlerine göre daha düşük olduğu görülmektedir.

Tablo 1. Bazı Bitkilerin Alkol Verimi (Lt/Ton Olarak)

Şeker kamışı	3500
Odun(ağaç)	3200
Sorgum	3000
Mısır	2000

Kaynak: açıköğretim.istanbul.edu.tr

Enerji tarımında amaç, ormanlardaki ağaçların kesilmesi değil enerji üretiminin sağlanması için yeni bitkilerin yetiştirilmesidir. Bu şekilde doğal çevre korunacak ve doğal çevrenin sahip olduğu kaynaklardan en iyi şekilde yararlanılacaktır. Toprak korunacak, ıslah edilecek ve su tasarruflu kullanılacaktır. Biyokütle yakıtları kullanıldığında 2050'de toplam elektrik üretiminin % 50'sini karşılayacağı tahmin edilmektedir. Çimento üretimi en fazla karbondioksit yayıcıdır ve biyokütlenin kullanımı ile bu zararlar azaltılacaktır. 2050 'ye kadar endüstride enerjinin % 30 'u karşılanacak kağıt üretimi de % 60 oranda biyokütle ile sağlanacaktır.

Çok farklı organik maddelerin biyogaz üretiminde kullanıldığı metan veriminin en yüksek olduğu girdi, tarımsal atıklar, büyükbaş hayvan gübresi ve atık çamurdur. Biyogazın iyi koşullarda üretimi sonucunda % 55-70 oranında metan, % 30-45 oranında karbondioksit ve az miktarda da hidrojen sülfür elde edilmektedir. Isınma ve aydınlanma gibi değişik alanlarda kullanılan bu gaz kırsal kesimde verimli bir şekilde değerlendirilecek alternatif bir enerjidir. Çin'de biyoenjeri 2020'de 2 GW'ın üzerinde Avrupa'da 1,2 GW olarak artış göstermektedir. Tablo 2'de bulunan kaynaklardan en yüksek potansiyel (MW) şeker kamışından (17,700,000), en düşük potansiyel ise hayvansal atıklardan (500,000) elde edildiği görülmektedir.

Tablo 2. Biyokütlenin Elde Edildiği Kaynaklar ve Biyokütle Enerjisi Potansiyeli (MW)

KAYNAK	POTANSİYEL (MW)
Saman	1,200,000
Hayvansal Atıklar	500,000
Orman Atıkları	1,360,000
Çöp ve Diğer Atıklar	2,400,000
Şeker Kamışı	17,700,000
TOPLAM	23,080,000

Kaynak: TÇV Yayını, 2006

#### 4.4. Jeotermal Enerji

Jeotermal kaynaklar, magma tabakasındaki sıcaklığın yeryüzünden sızan suları ısıtması sonucu ortaya çıkan sıvı ve buharlardır. Yapısında çeşitli mineral tuz ve gazların barındığı genellikle 20 °C'nin üzerinde bulunan kaynaklardır. Ülkelere göre jeotermal kaynaklardan elektrik üretim kapasitesinde ABD toplam kapasitenin % 29'u ile en yüksek orana sahiptir. Diğer ilk üç sıralamasında Filipinler % 16 ve Endonezya ise % 11'lik oranla yer almaktadır. En fazla kaynak kullanımında Türkiye' de ilk on ülke arasında görülmektedir. Yenilenebilir enerji kaynaklarından daha fazla yararlanmak açısından yeni jeotermal enerji santralleri kurularak üretime geçilmesi sağlanmıştır. Bu sayede yalnızca ulusal değil uluslararası projeler de geliştirilmektedir. Teknoloji sayesinde jeotermal kaynakların her çeşidinden yararlanılmaktadır. Bu kaynaklar farklı türlerde ve değişken sıcaklıklara da sahip olabilmektedir. 20 derece ile 150 derece ve üzeri arasında sıcaklık sahaları bulunmaktadır. Aşağıda jeotermal enerjinin kullanım alanları ve ısı dereceleri verilmiştir.

Tablo 3. Jeotermal Enerji Kullanım Alanları ve Isı Dereceleri

ISI (°C)	KULLANIM ALANI
180	Yüksek Konsantrasyonlu solüsyonun buharlaşması, Amonyum absorpsiyonu ile soğutma
170	Hidrojen sülfid yolu ile ağırsu eldesi, diatomitlerin kurutulması
160	Kereste kurutulması, balık vb. yiyeceklerin kurutulması
150	Bayer's yolu ile alüminyum eldesi
140	Çiftlik ürünlerinin çabuk kurutulması (Konservecilikte)
130	Şeker endüstrisi, tuz eldesi
120	Temiz su eldesi, tuzluluk oranının artırılması
110	Çimento kurutulması
100	Organik madde kurutma (Yosun, et, sebze vb.), yün yıkama
90	Balık kurutma
80	Ev ve sera ısıtma
70	Soğutma
60	Kümes ve ahır ısıtma
50	Mantar yetiştirme, Balneolojik banyolar (Kaplıca Tedavisi)
40	Toprak ısıtma, kent ısıtması (Alt sınır) sağlık tesisleri
30	Yüzme havuzları, fermantasyon, damıtma, sağlık tesisleri
20	Balık çiftlikleri

Kaynak: Elektrik İşleri Etüt İdaresi (EİE)

Ülkeler jeotermal kaynaklardan yararlanma konularında ısı ve elektrik elde etmek için ikiye bölünmüş durumdadırlar. Isı gücünden yararlanan ülkeler; AB ülkeleri, Çin, İzlanda, İsveç, Türkiye, Avusturya, Macaristan, Norveç, İsviçre ve Almanya gibi ülkelerdir. Elektrik gücünden yararlanan ülkeler ise; ABD, Filipinler, Meksika, Endonezya, İtalya, Japonya, Yeni Zelanda, İzlanda, Kosta Rika ve El Salvador gibi ülkelerdir. Bu durum ülkelerin hangi konuda jeotermal enerji kullanımına daha uygun durumda olduğunu göstermektedir.

#### 4.5. Hidrolik Enerji

Doğal bir şekilde enerji elde etmenin ekonomik ve pratik yollarından olan hidrolik enerji tarihte en eski ve en yaygın kullanılan kaynaklardandır. Bu doğal enerji su gücünden karşılanmaktadır. Suyun sahip olduğu potansiyel enerji ile yüksek bir noktadan daha alçak noktaya hızla akması sonucunda kinetik enerjiye dönüştürülerek enerji elde edilmektedir. Su döngüsel bir şekilde hareket ederek hidrolik enerjiyi ortaya çıkarmaktadır. Sıcaklık karşısında buharlaşan su, soğuk hava dalgasıyla yoğunlaşarak yağmur ve kar haline gelmektedir. Yüksek noktalara kadar ulaşan su ırmak, dere ve nehirler sayesinde daha alçak seviyede olan denizlere doğru akmaktadır (Yerebakan, 2008).

Su değirmenlerinin küçük derelerin üzerinde kurulması sonucunda su gücünün çarkları çevirmesi ile mekanik hareket ortaya çıkmaktadır. Bu da tarihten günümüze sağladığı kolaylık sayesinde toplumların tercih ettiği sistem olmuştur. Pek çok alanda kullanılan su değirmenleri gıda maddelerinin üretiminden ve tekstil atölyelerinin işletimine kadar her türlü faaliyette işlevini sürdürmektedir. Dünyanın birçok bölgesinde bulunan su yataklarında su gücüne dayalı enerjiden faydalanılmaktadır.

Çok tercih edilen bir sistem olmasına rağmen bazı dezavantajları da bulunmaktadır. Bunlardan en önemlisi, üretilen enerjinin daha sonrası için depolanamamasıdır. Ve enerjinin üretildiği yerde kullanılmak zorunda olmasıdır. Enerjiye ihtiyaç duyulan yerlere ulaştırılmasına imkân bulunmamasıdır ( Schlager vd. 2006). Ancak su gücünün eksik kalan yönleri modern hayatta sahip olunan imkânlar ve teknolojik yeniliklerle



büyük ölçüde tamamlanmıştır. Suyun önüne yapılan setler ile oluşturulan barajlar sayesinde su tutulmakta, depolanmakta ve gerekli olan zamanlarda enerji üretmek amacıyla kullanılmaktadır. Enerjiye ihtiyacın artması sonucunda gelişmiş ve verimli çalışan tribün sistemleri kullanılmaktadır.

Gelişmiş ülkelerde elektrik üretiminde önemli bir yere sahip olan hidrolik enerji Birleşik Devletlerin % 7 sinin Kanada'nın da % 21 inin ihtiyaçlarını karşılamaktadır ( Chiras, 2006). Çin, elektrik enerjisi ihtiyacının büyük bölümünü hidrolik güçten elde etmektedir. Günümüzde suyun gücünden yararlanmak için hidroelektrik santralleri (HES) yapılmaktadır. Dünya genelinde ilk yapılan hidroelektrik santral inşaatlarının öncüsü ABD'de Niagara Enerji Santralidir (Ataman, 2007).

Hidroelektrik santrallerinin kurulu güçleri 50 MW'ın üzerinde olan Büyük Ölçekli Hidroelektrik Santralleri ve kurulu güçleri 10-50 MW arasında olan Küçük Ölçekli Hidroelektrik Santralleri olmak üzere iki ana grup olarak sayılabilir. Küçük ölçekli HES' ler, Büyük Ölçekli HES' lere göre, finansmanı daha düşük, kısa sürede inşa edilebilen, bakım ve onarım maliyeti düşük, içme suyu ve kullanma suyu temini olan, balıkçılıkta ve turizmde avantaj sağlayan temiz ve güvenilir enerji santralleridir (TÇV, 2006).

#### 4.6. Deniz Kökenli Enerji Kaynakları

Deniz kökenli enerji kaynakları; dalga, gel-git, okyanus akıntı enerjisi, okyanus ısı enerjisi dönüşümü tuzluluk enerjisi olarak sayılabilir. Dalga enerjisi, ilk kez Japon mühendis Yoshio Masuda'nın 1940'lı yıllarda kullanımı ile elde edilmeye başlamıştır. Dalga enerjisi dalga yüzeyinden veya yüzeyin altındaki basınçlardan elde edilmektedir. Denizlerde esen rüzgârlar sonucunda makineler dalga hareketlerinden enerji üretmektedir. Dünyada rüzgâr sürekli dalga ürettiğinden dolayı deniz kıyısında bulunan ülkeler bol ve yaygın olarak enerji ihtiyaçlarını buralardan karşılamaktadırlar. Elektrik şebekelerinin olmadığı yerlerde enerji üretimi açısından önemli potansiyel oluşturmaktadır. Enerji üretimi esnasında havaya karbondioksit salınımı olmadığından çevreye duyarlı ve kesintisiz enerji kaynağıdır. Ülkeler kendi bölgelerinde bu kaynağı elde ettikleri için dışa bağımlılıkları söz konusu değildir. Gel-git enerjisi; ay, güneş ve dünyanın çekim kuvveti ve merkezkaç kuvvetlerinin etkileşimleri sonucunda meydana gelmektedir. Suyun yüksek ve alçak olduğu zamanlarda gel-gitle enerji ortaya çıkmaktadır. Su yükseldiğinde ve alçaldığında önüne konulan türbinle enerji elde edilmektedir. Bu yöntemde çok büyük türbinlere ihtiyaç duyulmaktadır. Ayrıca okyanus akıntıları su yüzünde çok büyük enerji oluşumu sağlamaktadır. Okyanus termal enerji dönüşümü, yüzeydeki su sıcaklığı ile derindeki su sıcaklığının farkının 20 derece olduğu yerlerde sıcaklık farklarından enerji elde etme yollarından biridir.

### 5. GÜNEŞ BAŞKENTİ VE SÜRDÜRÜLEBİLİR YERLEŞİM PROJESİ FREİBURG (TEMİZ ENERJİNİN BAŞKENTİ)

Almanya'da "Güneş Başkenti" olarak isimlendirilen Freiburg Almanya'nın güney batısında İsviçre ve Fransa sınırına yakın bir şehirdir. Bu şehir çevre dostu olarak geniş yaya ve bisiklet yolları, toplu ulaşım, nüfus azlığı ve temiz havası ile şehirde yaşayan insanlar için bir ütopyadır. Freiburg'da şehrin her alanının güneş panelleri ile kaplanmış olması sebebi ile Avrupa'nın temiz enerji şehri olarak adlandırılmaktadır.

Avrupa'nın ilk çevreci hareketleri bu şehirde başlamıştır. Federal Alman Hükümeti 1970 yılında, ülkenin çeşitli yerlerinde 17 nükleer santral kurma kararı almıştır. Bunlardan biri de Freiburg yakınlarındaki Wyhl kasabasıdır. Ancak binlerce kasaba halkı nükleer santrallerin zararlarından dolayı santral inşaatını basarak büyük tepki göstermiştir. Fransa sınırına yakın bu şehir 2. Dünya savaşında merkezdeki gotik kilise hariç büyük yıkıma uğramıştır. Kentlerini büyük çabalarla yeniden ayağa kaldıran halk potansiyel tehlike yaratacağını düşündükleri santrali istemiyorlardı. Bu direniş karşısında hükümet geri adım atmak zorunda kaldı. Avrupa'da çevreci hareket ve Freiburg'un 'sürdürülebilir Şehir' olma süreci bu direnişle başlamış oldu. Ayrıca nükleer küresel bir tehlike olduğu 1986 Çernobil felaketinden sonra Freiburg Belediye Meclisi alternatif enerji konusunu gündeme getirdi ve ilk kez yerel olarak enerji planı oluşturdu.

Nükleere hayır diyen şehirde yeni alternatif çözümler üretmek için çeşitli yollar aranmaya başlanmıştır. Bedava ve hep mevcut olan güneş enerjisinden, alternatif enerji kaynağı olarak kullanılacak evler tasarlanmaya başlanmıştır. 1972'de Wyhl direnişinden sonra enerji tüketiminin % 40'ını tasarruf etmesi beklenen çalışmalar yapılmıştır. Binaların çatılarını güneş panelleri ile kaplamak suretiyle yeni bir mimari anlayışla aktivist mimarlar 1994'de ilk 'Plus Enerji Evleri' projesini oluşturmuşlardır. (Güneş enerjisinin panellerinin üretildiği fabrika, 1998 den beri dünyada sıfır karbon emisyonu ile çalışan bir fabrikadır). Ayçiçeğinden esinlenerek güneşe yüzünü dönen "Herdrotump" adı verilen evlerde ön taraf silindirik şeklinde tamamen camla kaplı vaziyette, arka taraf ise küçük camlarla kaplı ve çok iyi yalıtıma sahip olarak

tasarlanmıştır. Bu durum iki işe yaramaktadır. Soğuk günlerde cam kaplı taraf güneşi takip ettiğinde bina ısınmakta, sıcak günlerde ise bunun tersini yapıp binanın ısınması engellenmektedir.

Futbol stadyumunda tribünlerin üzerlerinde döşenmiş 2200 metre karelik fotovoltaik paneller sayesinde yılda yaklaşık 2,5 milyon kilowatt saatlik elektrik üretilmektedir. Şehir çöplüğünün bulunduğu alanda çöplerin üstleri kapatılarak içinde bulunan metan gazının dışarı çıkması engellenmekte böylece hapsedilen gaz ile şehrin ısıtılması sağlanmaktadır. Çöp alanının yamacına konulan 1500 panel sayesinde 1000 ailenin enerji ihtiyacı karşılanmaktadır. Bu çalışmalar 1200 kişinin çalıştığı Alman Fraunhofer ISE araştırma enstitüsünün yaptığı Ar-Ge sayesinde gerçekleşmektedir. Bu çalışmalar ile güneş enerjisi daha verimli ve ulaşılabilir hale gelmiştir.

Freiburg'un bir diğer şaşırtıcı başarısı da enerji üretiminin lokalleşmesidir. Kuzeyde bulunan Freiamt Köyü kendi içinde enerji üretimi ile enerji kaybının önüne geçmektedir. Enerjinin % 140'ını biokütle ile yani hayvan gübresi ve mısırın karışımıyla sağlamaktadır. Köydeki geniş meralardan toplanan hayvan atıkları bu işe uygun üretilmiş mısır koçanları ile harmanlanmaktadır. Biokütle özel havuzlarda yavaş hareket eden bir karıştırıcıda 90 gün boyunca bekletilerek fermente edilmektedir. Ortaya çıkan metan gazı jeneratörlerle köye hem ısınma hem de elektrik üretimi sağlamaktadır. Köy halkı ihtiyacından % 40 (yılda 13 milyon KWH) daha fazla enerji üretmektedir. Bu fazla enerjiyi de devlete satarak ilave bir kaynak sağlamaktadır. Bu sayede sıfır karbon salınımı hedeflenerek doğaya saygılı malzemelerle ev başına yıllık yaklaşık 3 bin Euro tasarruf sağlanmaktadır.

Enerjinin bir merkezde üretilip başka bir yere aktarılması büyük maliyete sebep olmaktadır. Freiburg'un özelliklerinden biri de yemyeşil doğada insanlar ormanın içinde şehirden uzak yaşamaktadırlar. Yeşilliklerin içinde tek katlı bir HES ( Hidroelektrik Santralı) kulübesi bulunmaktadır. Bu bildiğimiz HES mantığından çok farklı işlemektedir. Derelerin akış yönü değiştirilerek bir boru içine hapsediliyor ve hapsedilen su yüksek bir yerden aşağıya bırakılmaktadır. Yüksekten hızlı bir şekilde gelen su tribünleri döndürerek enerji oluşmasını sağlamaktadır.

Sadece güneş enerjisinde lider olmayan Freiburg'lular temiz bir çevre hayali ile kirliliğin en büyük sebeplerinden olan trafik sorununa da çözüm bulmuşlardır. 2. Dünya Savaşı'ndaki yıkımlardan sonra şehir planlaması yeniden yapılmış ve sokaklar tramvay yolu için genişletilmiştir. 1969'da şehirde trafiği azaltmak için trafik yönetim planı ve bisiklet yolu ağı yapılmıştır. 1973'de şehir araç trafiğine kapatılmış mesafelere insanların bisikletle veya yürüyerek ulaşmaları sağlanmıştır. Freiburg 'da hız sınırı caddelerde 50 km, sokak aralarında 30 km dir. Freiburg'da bugün tramvay ağı 30 km, bisiklet yolu 400 kilometredir. 9000 bisikletin park edebileceği alanlar mevcuttur. Şehir dışında olan alışveriş yerleri şehrin içine taşınarak ulaşılması kolaylaşmıştır. Şehir dışındaki alışveriş yerleri de yeşil alan olarak düzenlenmiştir. "Kalıcı Şehir Gelişimi" olarak nitelenen ekolojik, ekonomik ve sosyal gerekler düşünülerek insanların yaşam kaliteleri yükselirken aynı zamanda da çevre de korunmaktadır.

2. Dünya Savaşı sonrası 6 bin Fransız askerinin şehirden ayrılması ile askerlerin yaşadıkları yerler halkın kullanımına açılarak buranın da sürdürülebilir şehircilik anlayışı ile yemyeşil bir şehir olarak düzenlenmesine karar verilmiştir. Vauban şehri de yaşam alanında temiz enerjinin en son geleceği noktaya erişmiştir. Betona izin verilmeyen kentte sokakta yürüyüş yapanlar, top oynayan çocuklar ve kafelerde oturan insanlarla dolu bir görüntü sergilenmektedir.

## 6. SONUÇ ve ÖNERİLER

Ekonomik kalkınmanın sağlanmasında, toplumsal refahın artırılmasında, küresel rekabet için sanayi ve ticari faaliyetlerin başarılı bir şekilde yürütülmesinde en önemli güç enerjidir. Nüfusun her geçen gün artması ve yaşam şartlarının yükselmesi ile orantılı olarak enerjiye olan ihtiyaç artmaktadır. Fosil kaynakların doğada sınırlı bulunması insanlığı yeni kaynak arayışına yöneltmektedir. Yenilenebilir kaynaklar, enerji ithalatının azalmasına, petrol gibi stratejik yakıtların uluslararası pazarlarda uğradığı fiyat dalgalanmalarından daha az etkilenmesine, politik kısıtlamalardan korunmaya yardımcı olmaktadır. Yenilenebilir kaynaklarla enerjinin elde edilebileceği gerçeğini açıklayan WWF gereken adımların neler olabileceğini açıklamıştır;

- ✓ Temiz Enerji: Temiz enerji için elimizde bulunan mevcut ve yeni enerji kaynaklarını geliştirerek en verimli ürünlerle 2050 yılında topluma temiz enerji sağlanmalıdır,
- ✓ Şebekeler: Sürdürülebilir enerji kaynaklarından farklı alanlarda en iyi şekilde faydalanmak için şebekelerden yararlanarak temiz enerji paylaşılmalıdır,
- ✓ Erişim: Enerji yoksunluğuna son vererek sürdürülebilir uygulamalar desteklenmelidir,

- ✓ Para: Enerji tasarruflu ürün ve binalara yatırım yapılmalıdır,
- ✓ Gıda israfını azaltarak, verimli ve sürdürülebilir yollarla elde edilmiş ürünler tüketilmelidir,
- ✓ Malzemeler: Enerji tasarrufu için atıkları azaltmalı, ürünler yeniden kullanılmalı, geri dönüşüme önem verilmeli, dayanıklı malzemeler tercih edilmelidir,
- ✓ Ulaşım: Taşıma ve havacılıkta taşımanın hidrojen ve bu gibi yakıtlarla sağlanması için destekte bulunulmalı ve toplu taşıma özendirilmelidir,
- ✓ Sürdürülebilirlik: Kalkınmaya ve çevreye uygun katı sürdürülebilir ölçütleri ile yenilenebilir enerjinin gelişmesi sağlanmalıdır,
- ✓ Anlaşmalar: Yenilenebilir enerjinin küresel alanda teşvik etmek için iklim ve enerji anlaşmaları desteklenmelidir (WWF Rapor, 2011).

Yenilenebilir enerji vizyonunun belirlenmesinde tarafların (hükümetler, iş dünyası ve bireyler) rolleri:

- ✓ Hükümetler: Yenilenebilir enerji kaynaklarında farklı enerji kaynaklarının yaratılması, enerjide dışa bağıllığın azaltılması ve enerjide güvenliğin korunması için kalkınma planlamaları yapılmalıdır. Ulusal politikalar ve yasal düzenlemeler cesur hedeflerle yeniden gözden geçirilmeli ve gelişmeler desteklenmelidir. Diğer ülkelerin uyguladıkları eylemlerin yasal olarak altyapı, teşvikler ve düzenlemeler ile takip edilmesi için mekanizmalar geliştirilmelidir. Rüzgâr, güneş, jeotermal vb. gibi enerji kaynaklarının kullanımı devlet kurumları tarafından üst düzeyde planlanmalı ve lisans başvuruları bu planlama ile yapılmalıdır. Yenilenebilir enerji yatırımcılarının devletle olan planlama ve lisanslama gibi ilişkilerinde bürokratik süreçlerin kolaylaşması için başvuracakları resmi kurumun tek olması gerekmektedir. (Bütün lisans işlemlerinin tek çatı altında toplanması örneği, rüzgâr enerjisi teknolojisinde dünya lideri olan Danimarka'dır). Kaynakların potansiyellerinin ortaya konulması için arama çalışmaları teşvik edilmelidir. Karbon vergisinden elde edilecek gelirler kaynakların desteklenmesinde kullanılmalıdır.
- ✓ İş Dünyası ve Bireyler: İş dünyasının yenilenebilir enerjiye geçiş çalışmaları sınırlı kalmakta ve enerjinin üretilmesi, satılması ve yeni santrallerin kurulması gibi konularda hızlandırılmaları gerekmektedir. İklim değişikliğine tek çözüm yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı ile mümkün olacaktır. Çevre ve doğaya duyarlı işletmelerin sayılarının artarak "yeşil dönüşüm" için gerekli itici kuvvete sahip olmaları gerekmektedir. Yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanan işletmeler sadece karbon emisyonlarını azaltmayı, çevreye önem veren toplumlar karşısında diğerlerinden bir adım öne çıkmaktadırlar. WWF 2050 yılı için öngördüğü bu enerji vizyonunu desteklemektedir.

Yenilenebilir kaynaklarla enerji ihtiyacının karşılanması ve geleceğe doğru ilerlemek için yapılacaklar; bu kaynakların finansal rekabet gücünün artırılması, eşzamanlı büyümesinin sağlanması, şebekeye bağlanma sürecinin kolaylaştırılması, bağlantılar önündeki teknik zorlukların kaldırılması gerekmektedir. Yenilenebilir enerjinin üretim aşamasını teşvik ederek fosil yakıt kullanımını ve bu durumun oluşturduğu zararları azaltmak, mevcut kaynak kapasitelerini artırmak, alanları genişletmek, tarım sektöründeki potansiyellerden daha fazla yararlanmak hem ulusal hem de uluslararası kalkınma hedeflerinin gerçekleşmesi için gerekli adımlardandır.

## KAYNAKÇA

- Alemdaroğlu, N. (2007). *Enerji Sektörünün Geleceği Alternatif Enerji Kaynakları ve Türkiye'nin Önündeki Fırsatlar*, İstanbul Ticaret Odası (İTO) Yayınları, İstanbul, s.13.
- Ataman, A. R. (2007). *Türkiye'de yenilenebilir enerji kaynakları*, T.C. Ankara üniversitesi Sosyal bilimler enstitüsü Kamu yönetimi ve siyaset bilimi Anabilim dalı, Ankara.
- Chiras, D. (2006). *The Homeowner's Guide to Renewable Energy*, New Society Publishers, Canada, p.233.
- Gibilisco, S. (2007). *Alternative Energy Demystified, A Self-Teaching Guide*, McGraw-Hill Companies, USA, p.173.
- Goswami, Y. (2007). *Survey of Solar Energy Resources*, Sf.3, 2007. World Energy Council Yayını, 2008.
- Güner, C. (2016). *Cari Açık ve İşsizlik Sorununun Alternatif Enerji Kaynakları ile Çözümü: Türkiye Örneği*, Cumhuriyet Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Y. Lisans Tezi, Sivas.

Karaosmanoğlu, F.(2006). *Dünyada Enerjiye Duyulan İhtiyaç ve Alternatif Enerji Kaynaklarına Yöneliş*, Sempozyum: *Türkiye'nin Enerji Stratejisi Ne Olmalıdır?* Harp Akademileri Basımevi, Yenilevent, İstanbul, s.10.

Schlager N. & Weisblatt (Ed.), (2006). *Alternative Energy Volume Three*, Library of Congress Cataloging in Publication Data, pp.262-263.

Şahin, M. (2006). *Hidrojen Enerjisi Teknolojileri*, Anıl Matbaacılık, Kızılay/Ankara, Mayıs.

TÇV Yayınları (2006). *Türkiye'nin Yenilenebilir Enerji Kaynakları*, Türkiye Çevre Vakfı, Ankara, Aralık.

Varınca, K.B. & Gönüllü, M.T. (2006). *Türkiye'de Güneş Enerjisi Potansiyeli ve Bu Potansiyelin Kullanım Derecesi, Yöntemi ve Yaygınlığı Üzerine Bir Araştırma*, UGHEK, 1. Ulusal Güneş ve Hidrojen Enerji Kongresi, Eskişehir.

Yerebakan, M. (2008). *Mikro Enerji Santralleri*, İstanbul Ticaret Odası (İTO) Yayınları, İstanbul, s.75.

[www.evwind.es/2021](http://www.evwind.es/2021). Erişim Tarihi: 12.05.2021

[www.cdn-acikogretim.istanbul.edu.tr/enerji](http://www.cdn-acikogretim.istanbul.edu.tr/enerji). Erişim Tarihi: 20.05.2021

Elektrik İşleri Etüt İdaresi (EİE), <http://www.eie.gov.tr>, Erişim: 02.05.2021

[www.radikal.com.tr/temizenerji](http://www.radikal.com.tr/temizenerji). Erişim Tarihi: 10.05.2021

[www.beiniz.com.kuşaklar.gunes-baskenti-freiburg](http://www.beiniz.com.kuşaklar.gunes-baskenti-freiburg). Erişim Tarihi: 01.05.2021

[www.irena.org](http://www.irena.org). Erişim Tarihi: 18.05.2021

[www.oecd.org](http://www.oecd.org). Erişim Tarihi: 10.05.2021

[iea.org/reports/World-energy-outlook-2005](http://iea.org/reports/World-energy-outlook-2005). Erişim Tarihi: 20.05.2021

[iea.org/reports/World-energy-outlook-2009](http://iea.org/reports/World-energy-outlook-2009). Erişim Tarihi: 19.05.2021

[iea.org/reports/World-energy-outlook-2018](http://iea.org/reports/World-energy-outlook-2018). Erişim Tarihi: 25.05.2021

[iea.org/reports/World-energy-outlook-2019](http://iea.org/reports/World-energy-outlook-2019). Erişim Tarihi: 22.05.2021

IEA, World Energy Outlook, 2019 baskısı

[www.wwf.org.tr](http://www.wwf.org.tr). Erişim Tarihi: 12.05.2021