**ENERJİDE SÜRDÜRLEBİLİRLİK VE YENİLENEBİLİR ENERJİ**

**1. Giriş**

Toplumsal alanda ve ekonomik faaliyetlerde vazgeçilmez bir unsur olan enerji kavramı günümüzde; Hem kaynak türü ve rezerv olarak kıt olması ve ekosisteme zararlı olması nedeniyle toplumda ve uluslararası düzeyde krizlere neden olmakta hem de yaşam standartları, üretim ve tüketim hacimleri sürekli artmakta olduğundan mevcut kaynaklar ihtiyaçları karşılayamamaktadır. Gelecek nesillerin de bu nedenlerden ötürü zarar göreceği öngörüsü; enerjide sürdürülebilirliği gündeme getirmiştir.

Sürdürülebilir enerji, mevcut ve gelecek nesillerin kaynak ihtiyaçlarını karşılamak; Ekonomik büyüme ve çevreye uyum odaklı yenilenebilir (temiz) enerji kaynaklarına ulaşmak, bu kaynakları kullanarak düşük maliyetli, verimli ve temiz enerji üretmek, bir süreç sonunda atık enerjiyi başka bir süreçte girdi olarak kullanmak ve sağlamak için faaliyetler yürütmektir.

Sürdürülebilir enerji kaynakları, üretimlerinin kolay olması, doğanın olağan akışı içinde üretilmesi, sürekliliğinin olması, yenilenebilir enerjilerden oluşması, çevreye ve doğaya zarar vermemesi nedeniyle kullanılmaktadır. Birçok ülke veya şirket sürdürülebilir enerji kaynaklarını kullanma eğilimindedir. Yenilenebilir enerjiler tesisler, hayvanlar ve insanlar tarafından kullanılarak kalıcı olarak tüketilmemektedir.

Fosil yakıtlar teorik olarak yenilenebilir olmakla birlikte, kullanımları sonucunda yakın gelecekte tükenme tehlikesiyle karşı karşıyadırlar. Yenilenebilir enerji kaynakları direkt kullanılabilir veya farklı bir enerji biçimine dönüştürülebilmektedir. Direkt kullanım örneklerine yer verecek olursak, güneş enerjisi ile çalışan cihazlar, jeotermal ısıtma ve su/yel değirmenleridir. En direkt kullanım örnekleri ise, elektrik üretiminde kullanılan rüzgar türbinleri/fotovoltaik pillerdir. Dünyanın en büyük problemi olarak görülen enerji ihtiyacını, doğa dostu enerjiler üreterek ve tüketerek (yenilenebilir enerji kaynakları ve temiz enerji kaynakları) çözmek mümkündür.

Dünya zaman içinde daha fazla enerji ihtiyacıyla karşılaşmaktadır ve günümüzde kullanılan en büyük enerji kaynakları da fosil yakıtlardır. Bu, yenilenemeyen enerji kaynaklarının çok yoğun bir şekilde kullanıldığını göstermektedir. Yenilenebilir enerji kaynaklarına gerekli önem verilmediği için enerji ihtiyacıyla birlikte başta hava, su ve çevre kirliliği olmak üzere problemler ortaya çıkmaktadır. İhtiyacı karşılayacak enerjiler üretmek ve çevreye verilen zararı düşürmek için sürdürülebilir enerji kaynaklarını kullanmak gerekmektedir.

**2. Sürdürülebilirlik**

Sürdürülebilirlik kavramı, günümüzün ihtiyaçlarını çevresel, ekonomik ve sosyal etkenler açısından ileriki kuşakların gereksinimlerini de düşünerek karşılama amacıdır (The Sustainability Report, 2018). Çevresel, ekonomik ve sosyal açıdan sürdürülebilirlik için kaynak duyarlılığının sağlanması, çevreye zarar verecek kaynaklardan uzak durulması, insan ve çevre etkileşiminin sonucunda ortaya çıkan zararların ortadan kaldırılması ve/veya en az düzeyde kalması sağlanmalıdır (Yavuz, 2010: 65 aktaran Uludağ ve Doğan, 2018: 337).

İşletmeler için sürdürülebilirlik; Ekonomik, çevresel ve sosyal boyutların entegrasyonudur (Kocmanova ve Hřebíček, 2011: 545). Ekonomik sürdürülebilirlik, firmaların karlılıklarını arttırmaları ve mali yapılarını güvenilir hale getirmeleri; Çevresel sürdürülebilirlik, firmaların faaliyetlerini sürdürmeleri esnasında çevreye zararlı olacak faktörleri önceden tahmin ederek engel olunması; Sosyal sürdürülebilirlik, işgörenlerin çalışma koşullarının iyileştirilmesi, müşterilerin ve toplumun yaşam kalitesinin yükseltilmesidir (Gücenme Gençoğlu ve Aytaç, 2016: 52).

Gelecek kuşaklar için uygun bir ekolojik altyapının devam ettirilmesi gereksinimine yönelik etik bir kaygıyı somutlaştırma sürdürülebilirlik kavramının amacını oluşturmaktadır. Sürdürülebilirlik kavramı bazen çatışan normları ve toplumsal değerleri içermektedir. Etkilerinin yorumu bağlamsaldır ve farklılaşan toplumsal değerlere bağlıdır. Doğal kaynakların ve menfaat gruplarının farklı kullanıcılarının algılarının kapsamlı bir analizi ve bu algıların siyasi tartışmalar yoluyla dengelenmesi ile işlevselleştirilmesi sağlanmaktadır. Kavram evrensel bir ilke olarak kabul edilse de pratikte yerel, sosyal, kültürel, politik ve ekolojik koşullar ile ilgili olarak kendine has ve esnek olmalıdır (Wiersum, 1995).

Günümüzde sürdürülebilirlik, sürdürülebilir kalkınma, sürdürülebilir karlılık sürdürülebilir büyüme, sürdürülebilir turizm gibi çeşitli kavramları bünyesinde barındırarak sosyo-ekonomik yaşamın başka alanlarında kendini göstermektedir. Enerji sektörü bu alanlardan biridir ve enerji sektöründe sürdürülebilir enerji kavramı şeklinde kendini göstermektedir. İktisadi büyümeye katkısı olan sürdürülebilir enerji, “Birincil enerji kaynaklarına yönelik üretilen enerjinin yüksek verimli ve temiz teknolojilerle gerçekleştirilmesi, fosil yakıtların da çevreye duyarlı yeni teknolojiler ile kullanılması, sürdürülebilir (yenilenebilir) enerji kaynaklarının mümkün olduğu kadar fosil kaynaklar yerine tek döngüde kullanılması ve girdi olarak ortaya çıkan enerjinin başka bir döngüde kullanılması ve ekonomik büyümeye bütünleştirilmesidir (Selici vd., 2006: 3 aktaran Uludağ ve Doğan, 2018: 337).

**3. Enerjide Sürdürülebilirlik**

Küresel ekonomik ve sosyal kalkınmayı sağlayacak sürdürülebilir kalkınma politikaları sunmak yirmi birinci yüzyılın önceliği olmuştur. Bu politikaların uygulanabilmesi için ekonomik, sosyal ve çevresel boyutları içeren bütüncül bir yaklaşım geliştirmek zorunlu olmuştur. Enerji sorunu bu boyutların kesiştiği noktada yer alır. Bu bilgiye yönelik sorulacak olan soru şudur: Enerjinin sürdürülebilirliği için hükümetler/firmalar ne tür alternatif enerji kaynaklarına odaklanmalıdır? (İşeri ve Özen, 2012: 161).

Ekonomik büyüme, sosyal istikrar ve çevrenin korunması sürdürülebilir kalkınmanın üç ana bileşenidir. Bu bileşenlerin gerçekleştirilmesi hedefine ulaşmak için enerji üretimi kilit rol oynamaktadır. Enerji üretimi; sürdürülebilir kalkınma çalışmalarında araştırma konusu olmuş, insanlığın ihtiyaç duyduğu enerji tüketiminin ekonomiye ve çevreye yararlı olması amacı tartışılmaya başlanmıştır. Dolayısıyla sürdürülebilir enerji kavramı, birincil enerji kaynaklarından yüksek verimli ve temiz teknolojiler ile enerji üretiminin gerçekleştirilmesi, fosil yakıtların doğaya dost yeni teknolojilerle kullanılması, fosil kaynakların mümkün olduğunca yenilenebilir enerji kaynaklarıyla değiştirilmesi, bir döngüde atık olarak başka bir döngüde girdi olarak kullanılması olarak tanımlanmaktadır ve ekonomik büyümeyle bütünleştirilmektedir. Başka deyişle bu yaklaşım, ihtiyaç duyulan enerjinin en az finansman ile en az sosyal ve çevresel maliyet ile tedarik edilmesini sağlayan politika, teknoloji ve uygulamaları içermektedir (Öymen ve Ömeroğlu, 2020: 1071).

Enerjinin sürdürülebilirliği için enerji teknolojisinin çeşitli politikaları vardır. Bu politikalar, enerji üretim/kullanım verimliliğinin artırılması, tüketimin düşürülmesi, fosil kaynakların çevreye duyarlı hale getirilmesi, yenilenebilir enerji ve yeni nesil nükleer enerji teknolojilerinin hayata geçirilmesidir. Enerjinin sürdürülebilir olarak kullanılabilmesi için gerekli başlıca dört politika aracı bulunmaktadır: Yenilenebilir Enerji, Fosil Yakıtlar ve CCS (Karbon Yakalama ve Depolama), Enerji Verimliliği ve Nükleer Enerjidir (Ateş, 2011: 43-70).

**3.1. Sürdürülebilir Enerji Kavramı**

Enerji, bir sistemin iş ve/veya ısı verebilme yeteneğidir (Baş, 2018: 26). Detaylı bir tanımı yapılacak olursa enerji; Sanayinin ve sosyal hayatın hizmetinin zamanında, yeterli, kaliteli ve düşük maliyetle sunularak insan yaşamının iyileştirilmesine ve refahın artmasına yardımcı olan, ışık kaynağı olan iş yapma özelliğine sahip bir güçtür (Uyar, 2016: 4). Kısaca enerji; yaşamın sürekliliğini, refahını, kalitesini ve istihdamı arttıran bir güçtür ve radyasyon kaynağıdır.

Kimyasal enerji, ısı enerjisi, mekanik enerji ve elektrik enerjisi olmak üzere dört enerji çeşidi vardır. Bu enerji türlerinden elde edilen enerjinin bileşiminde belirli bir miktarda iş yapma gücü vardır. Petrol, güneş, rüzgar, nehirler, odun, kömür gibi belirli enerji kaynaklarından ekonomik olarak enerji üretilebilir. Farklı teknikler kullanılarak enerji meydana gelen kaynaklara genel olarak enerji kaynakları denmektedir (Öner, 2007: 5).

Sürdürülebilir enerji en genel tanımıyla enerji tüketiminin daha çevre dostu ve sürdürülebilir bir enerji kaynağı ile ikame edilmesidir. Sürdürülebilir enerji kaynakları, yenilenebilir enerji kaynakları olarak da ifade edilmektedir ve son yıllarda tüm dünyada tehdit oluşturan iklim değişikliği gibi güncel problemlere çözüm olabilecektir (İşeri ve Özen, 2013: 161).

**3.2. Enerji Kaynaklarının Sınıflandırılması**

Literatürde enerji kaynakları türleri aşağıda tablolaştırılmıştır (Uğurlu, 2006:126; Baş, 2018: 30-88; Dinçer ve Aslan, 2008: 67-91; Ergin, 2020: 26):

**Tablo 1. Enerji Kaynakları Türleri**

|  |
| --- |
| **Enerji Kaynakları** |
| **Kullanılışlarına Göre** | **Dönüştürülebilirliklerine Göre** |
| **Yenilenemeyen enerji kaynakları** | **Yenilenebilir enerji kaynakları** | **Birincil kaynaklar** | **İkincil kaynaklar** |
| * Kömür
* Petrol
* Doğalgaz
* Nükleer enerji
 | * Güneş enerjisi
* Rüzgar enerjisi
* Biyokütle enerjisi
* Deniz kaynaklı enerjiler
* Hidro-enerji
* Jeotermal enerji
 | * Kömür
* Petrol
* Doğalgaz
* Nükleer
* Biyokütle
* Hidrolik
* Güneş
* Rüzgar
* Dalga, Gel-git
 | * Elektrik,
* Benzin,
* Mazot,
* Motorin
* İkincil Kömür
* Kok,
* Petrokok
* Havagazı
* Sıvılaştırılmış Petrol Gazı (LPG)
 |

Uluslararası Enerji Komisyonu, sürdürülebilir enerji kaynaklarını, Birinci, ikinci ve üçüncü nesil sürdürülebilir enerji kaynakları olarak sınıflandırmaktadır. Endüstri devrimi sırasında meydana gelen birinci nesil sürdürülebilir enerji kaynakları jeotermal, hidroelektrik ve biyokütle enerjisidir. 1980'lerden sonra elde edilmiş ve ileride daha fazla araştırma konusu olacağı tahmin edilen ikinci nesil enerji kaynakları rüzgar, güneşle ısıtma veya soğutma, güneş pilleri ve biyoenerji türleridir (Uyar, 2016: 25). Ulaşılmamış ancak ulaşıldığında önemli katkılar sağlayacağı tahmin edilen üçüncü nesil sürdürülebilir enerji kaynakları da biyokütlenin arıtılması, organik atıklardan enerji üretimi ve okyanuslardaki gelgitler gibi enerjilerdir (Şen, 2009: 30).

**3.2.1. Yenilenemez Enerji Kaynakları**

Petrol, doğalgaz, kömür, uranyum ve toryum gibi enerji kaynakları sayısal verilerle ifade edilen kaynaklar olduğu için gelecekte bu kaynaklar tükenebilir. Yaşamlarını sonlandıran canlılar, belirli fiziksel hava koşullarına maruz kalırlar ve zamanla toprak, çamur, kum gibi çeşitli etkenler tarafından kapalı hale gelirler. Böylece hava ile teması kesilir ve ölü kalıntısı uzun yıllar bozulmadan kalır. Daha sonra yerin altına inen canlı kalıntıları katılaşarak fosilleşir. Canlıların fosilleşme durumları fiziki hava şartlarına bağlı olarak değişebilmektedir. Bazı canlılar petrole dönüşürken bazı canlılar da kömür veya mermere dönüşebilmektedir ve bu dönüşümle birlikte fosil yakıtlar oluşmaktadır. Bu yakıtların oluşumu milyonlarca yılda gerçekleşir. Bu bağlamda kullanım alanı genişledikçe bu enerji kaynaklarının tükeneceği öngörülmekte ancak çok uzun bir zaman çizelgesi düşünüldüğünde teorik olarak yenilenebilmektedir (İnan, Akbulut ve Aslan, 2018: 14).

Toplumda fosil enerji kaynaklarının yenilenemez kaynaklar olduğu algısı oldukça yüksektir. Sadece fosil yakıtların (özellikle kömürün) yakılmasıyla bacadan çıkan karbon ve kükürt atıklarını hemen herkes görür ve kömür havayı kirleten en büyük etkenlerden biridir. Kömür kaynaklarının yeraltı galerileri açılarak veya yüzeyden kazınarak çıkarılması yöntemi ciddi problemlere yol açmaktadır. Ateş çukurunun sıkışması sonucu çok sayıda işçi yer altında ölmektedir, kömürlerin taşınması, kullanılması ve bertaraf edilmesi hem ekonomik hem de çevresel problemlerdir. Ancak kömür gibi tüm fosil yakıtlar yeni bir metot olan UCG (Yeraltı Kömür Gazlaştırma) yeraltı kömür gazlaştırma metoduyla yüzeye çıkarılmadan yer altında gaz haline dönüştürülmektedir ve metan gazı olarak yüzeye çıkarılabilmektedir. Çıkarılan metan gazı (SYNGAS-Sentetik Gaz) doğal gaz gibi doğrudan ısıtma amaçlı kullanılabileceği gibi, gaz dönüşüm ünitesiyle direkt elektrik üretiminde de kullanılabilmektedir (Gökdayı, 2021: 46).

**3.2.2. Yenilenebilir (Sürdürülebilir) Enerji Kaynakları**

Fosil enerji kaynaklarına yönelik rezervlerin gelecekte tükeneceği gerçeğiyle karşı karşıya kalınacaktır. Bu yüzden alternatif enerji kaynaklarına olan ilgi her geçen gün artmakta, bu kaynağın kullanımı dünyada ciddi çevre problemlerine neden olmakta ve yabancı ülkelere enerji bağımlılığını artırmaktadır (Öztürk, 2008; Güner, 2016: 12).

Sürdürülebilir enerjinin jeotermal enerji, rüzgar enerjisi, güneş enerjisi, dalga enerjisi gibi sürdürülebilir kaynaklardan oluştuğu söylenebilir. Sürekli enerji üreten kaynaklar gereksinim duyulan enerjilerin karşılanmasını sağlamaktadır. Bu kaynakların kullanımı çevre dostu olmaları ve doğada sürekli olan faydalı kaynaklardır. İnsan nüfusunun artması, enerji talebinin artmasına neden olmaktadır. Bu sebeple enerji gereksinimini elde etmek için alternatif yollar kullanılarak, özel sektör, devletler gibi pek çok kurum sürdürülebilir enerji kaynaklarını kullanma yoluna gitmiştir (Akyüz, 2018: 16).

Her geçen gün gelişen teknolojik imkanlarla tüm dünyada kullanılan çeşitli yenilenebilir temiz enerji kaynakları aşağıda verilmektedir (Konyalı, 2019: 4):

* Güneş enerjisi (kaynağını güneşten alan enerji)
* Rüzgâr enerjisi (kaynağını rüzgârlardan alan enerji)
* Dalga enerjisi (kaynağını deniz ve okyanuslardan alan enerji)
* Jeotermal enerji (kaynağını yer altı sularından alan enerji)
* Biokütle enerjisi (kaynağını bitkisel ve hayvansal atıklardan alan enerji)
* Hidrojen enerjisi (kaynağını su ile hidroksitlerden alan enerji)
* Hidrolik (hidroelektrik) enerjisi (kaynağını akarsulardan alan enerji)

**Güneş Enerjisi:** Vazgeçilmez bir enerji kaynağı olarak geçmektedir ve kullanılan diğer enerji kaynaklarının da bu enerji kaynaklı olduğu görülmektedir. Bu enerji türü, güneş çekirdeğinde hidrojen gazının helyuma dönüşmesiyle (füzyon) ortaya çıkan ışıma enerjisidir (Aksu, 2011; Güner, 2016: 14). Dünya atmosferi dışındaki güneş enerjisinin yoğunluğu yaklaşık olarak 1367 W/m2'dir. Bu değerin sadece 0-1100 W/m2 değerleri arasında kalan kısmı atmosfere bağlı olarak yeryüzüne ulaşmaktadır (Acaroğlu, 2007; Demirtaş, 2010; Güner, 2016: 14). Güneş enerjisi üretimine ilişkin çalışmalar 1970'li yıllardan sonra hızlanmıştır. Bu sayede güneş enerjisi sistemlerinde teknoloji artmış ve maliyetler düşmüştür ve çevre dostu enerji kaynağı olarak kayda geçmiştir (ETBK, 2016; Güner, 2016: 14).

**Rüzgar Enerjisi:** Bu enerji türünün ana kaynağı güneştir. Birbirine yakın olan bölgelerin sınırları arasındaki basınç farkları nedeniyle oluşan hava akımı olgusuna ve bu potansiyel farka rüzgar denir (Gökkuş, 2014). Rüzgar, hava akımının yüksek basınç merkezinden alçak basınç merkezine doğru hareketidir (Yapar, 2014). Rüzgar yön ve hız olmak üzere iki farklı değişkenle tanımlanır. Rüzgarın teorik gücü hızının küpüyle orantılı olarak değişir ve aynı zamanda yükseklik arttıkça rüzgar hızı da artar (Türkiye Cumhuriyeti Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2021). Bu enerji kaynağı kullanılarak elde edilen elektriğin üretiminde karşılaşılan başlıca problemler, üretim tesislerine yapılan yatırımların bütçe ekonomisi açısından yüksek olması, yetersiz kapasite faktörleri ve değişken enerji üretimidir. Ayrıca temiz ve yenilenebilir bir enerji kaynağı olması, çevre dostu olması, işletme ve bakım maliyetlerinin düşük olması, kısa sürede devreye alınması gibi birçok avantajı vardır.

**Dalga Enerjisi:** Dünya yüzeyinin farklı ısınmasıyla deniz yüzeyinde rüzgarlar oluşmaktadır. Bu rüzgarlar sebebiyle oluşan dalgaların gücüyle enerji oluşmaktadır. Bu enerjinin diğer yenilenebilir enerjilere göre daha yoğun (10-15 kat daha fazla) olduğu hesaplanmıştır. Dalgalardan oluşan enerji kullanılabilirse bol miktarda kaynak üretilebilecektir ve çoğu ülkenin kullanabileceği kadar yaygın olacaktır. Ortalama günlük güneş enerjisi akışı, konuma göre değişmekle birlikte metrekare başına 100 W'tır. Yüzey güneş enerjisinin kullanımında etkili olduğu için, ideal şartlar altında 1 kW elektrik üretiminde on metrekarelik bir alana ihtiyaç duyulmaktadır. Dalga gücü kullanılarak elde edilen elektrik için bir metrekare alan gerekmektedir ve bu alan okyanuslardaki gücün yalnızca yüzde 1’ini oluşturmaktadır, bugün dünyanın enerji talebinin beş katından fazladır. Deniz dalgalarının kullanımında bazı sınırlamalar da vardır. Her dalga boyunun kullanımına yönelik bir tasarım planlanamaması, gemi güzergahlarının geçtiği yollar, askeri tatbikatlar, balıkçılık alanları, su altı kabloları gibi sınırlandırmalar, büyük dalga enerjisi projelerine başlamadan önce dikkat edilmesi gereken konulardır (Sağlam ve Uyar, 2005: 1-2).

**Jeotermal Enerji:** Geçmişten günümüze dünyanın farklı derinliklerinde biriken ısı ve basıncın oluşturduğu, sıcaklıkları atmosfer sıcaklığının üzerinde olan gaz, buhar ve sıcak su olarak ifade edilen jeotermal enerji, günümüzde temiz enerji kaynağı olarak kabul edilmektedir ve kapsamlı bir şekilde incelendiğinde doğaya verebileceği zararlar açısından önemlidir (Kumbur vd., 2005). Jeotermal enerjide, doğal kaynaklar kullanılır bu nedenle dışa bağımlılık çok düşüktür. Jeotermal alanlarda açılan kuyulardan akışkan separatörlerinde su ve buhar elde edilerek ayrıştırma işlemi yapıldıktan sonra türbin ve jeneratör ile elektrik enerjisi üretilmektedir (Türkiye Cumhuriyeti Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2021).

**Biyokütle Enerjisi:** Biyoenerji, biyokütlenin dönüştürülmesinden elde edilen enerjidir. Bu enerji türü, biyokütlenin gaz/sıvı haline dönüştürülmesi veya direkt yakıt olarak kullanılması sonucu meydana gelmektedir. Biyokütle enerjisi, bitkiler ve hayvanlar gibi canlı organizmalardan yakıt elde etme teknolojisine dayanan enerjidir. Canlıların vücutlarında depolanan güneş enerjisi, günümüzde ya da yakın zamana kadar yaşayan biyolojik elementlerin sağladığı enerjinin temelidir. Bu kimyasal enerji bitkilerin fotosentez aktivitesiyle ortaya çıkar ve beslenme yoluyla bitkilerden hayvanlara geçer (International Energy Agency, 2017).

**Hidrojen Enerjisi:** Doğada bileşikler olarak bulunan hidrojen maddesi, gaz olarak açığa çıkmaktadır, işlenerek ve dönüştürülerek oluşan enerji kaynağıdır. Doğal bir enerji kaynağı olmasa da sürdürülebilir enerji kaynakları arasındadır. Hidrojen doğal bir yakıt olmayıp su, fosil yakıtlar, biyokütle gibi farklı hammaddelerden birincil enerji kaynaklarından yararlanılarak üretilen sentetik bir yakıttır. Diğer yakıtlar arasında birim başına 120,7 kJ/kg değeriyle en yüksek enerji içeriğine sahip yakıt türüdür. Bu enerji -252.77 °C'de sıvılaştırılabilir ve sıvı hidrojenin hacmi gaz hacminin yalnızca 1/700'ü kadardır (Aydıncak, 2012). Hidrojen üretimi kimyasal yollarla, elektrokimyasal yollarla ve fotoelektrokimyasal yollarla üç şekilde üretilmektedir. Kimyasal yollarla hidrojen üretimi, metanın buharla reformasyonu, kömürün gazlaştırılması, biyokütlenin termal ayrışması ve metan gibi metotlarla elde edilmektedir. Elektrokimyasal yollarla hidrojen üretimi, alkali, PEM, katı oksit, deniz suyu ve fotoelektrokimyasal elektroliz bu hidrojen üretim kategorisinde iken biyolojik yollarla hidrojen üretimi, bakteriyel fermantasyon ve biyo-fotoliz bu hidrojen üretim kategorisine girmektedir (Yüksel ve Topçu, 2019).

**Hidrolik (Hidroelektrik) Enerjisi:** Yenilenebilir enerji kaynakları arasında hidrolik enerji birinci yüzyıldan beri en çok tercih edilen ve yaygın olarak kullanılan enerji kaynağıdır. Güneş enerjisinin bir türü olan hidrolik enerji, su döngüsünün enerjisinden oluşmaktadır. Güneş bu su kütlelerini ısıttığında, Dünya'daki denizler, nehirler veya göller gibi su kütleleri buharlaşmaktadır. Rüzgarın sürüklemesiyle su buharları aktive olur ve atmosferik koşullara göre yoğunlaşarak yağmur veya kar şeklinde yağış oluşturur. Bu yağışlar akarsuların beslenmesine önemli katkı sağlamaktadır. Hareket eden su kütlesi hidrolik enerji yaratır. Bu sistemde su kütlesinin taşıdığı enerji sürekli kendini tekrar eden bir enerji türüdür. Enerji kaynakları arasında hidrolik enerji elektrik üretiminde ön sıralarda yer almaktadır. Bu enerji türü, su kütlesinin mevcut enerjisinden yararlanılarak yerden yüksek bir noktadan bir kanal veya cebri boru vasıtasıyla türbine iletilir ve mekanik enerjiye dönüştürülür. Tahrik edilen türbinlerin jeneratörleri döndürmesiyle elektrik enerjisi üretilir (Tekno Tasarım, 2021). Düşük potansiyel riskleri ve çevre dostu olmaları nedeniyle, hidroelektrik santrallere kurulum açısından yaygın olarak yatırım yapılmaktadır. Hidroelektrik santraller, yenilenebilir, yakıt maliyeti olmayan, temiz, çevre dostu, yüksek verimli, işletme maliyeti çok düşük, uzun ömürlü ve devletler açısından diğer ülkelere bağımlı olmayan yenilenebilir bir enerji kaynağıdır (Cumhuriyet Türkiye Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2021).

**3.3. Sürdürülebilir Enerji Kaynaklarının Verimliliği**

Enerji verimliliği denince, hava, buhar, gaz, ısı ve elektrik enerjisi kayıplarının önlenmesi, çeşitli atıkların geri kazanılması veya ileri teknolojiyle üretimi azaltılmadan enerji talebinin azaltılması, daha verimli enerji kaynakları, ileri endüstriyel süreçler ve enerji gibi verimlilik artırıcı önlemleri bir bütün olarak ele almak gerekmektedir. Enerji verimliliğinin sağlanmasında en önemli bileşen enerji tasarrufudur. Enerjinin verimli kullanımı, tüketimde yüzde 30 tasarruf sağlamaktadır. Enerji verimliliğiyle ilgili çalışmalar genel olarak; Binalarda enerji performansının artırılması (bina tasarımı, ısı yalıtımı vb.), kamu sektörü tarafından izleme, değerlendirme, genelge ve çalışmalarla tüketicilerin enerji kullanımı konusunda bilinçlendirilmesinden oluşmaktadır (Özdebir, 2011: 33-43).

Yenilenemeyen (fosil) enerji kaynaklarından enerjinin üretilmesi sürecinde oluşan başta çeşitli gazlar olmak üzere tüm atıkların çevre üzerinde zararlı etkileri vardır. CO2 salınımının fazla olması nedeniyle oluşan ve sera etkisi yapan bu gazlar, ormansızlaşma ve mera kaybı, sel ve yeraltı su kaynaklarının azalması, iklim değişikliğinin neden olduğu sel baskınları, ozonun incelmesi veya incelmesi, canlıları koruyan tabaka, doğal çevrenin ve doğal dengenin bozulması, sel, kuraklık, bitki ve hayvan türlerindeki değişiklikler, üretilen mahsülün sayısında azalma, bitki ve hayvanlarda olası kalıtsal değişiklik, hava kirliliğinin sağlığa etkileri gibi olumsuzluklar, meslek hastalıkları ve kazalar çevreyi, insanı direkt/dolaylı olarak etkiler. Bu sebeple üretimden tüketime kadar her aşamada çevre problemlerine yol açabilecek çevreci, ekonomik ve güvenli kaynaklardan enerji elde edilmesi ve artan enerji gereksinimini en güvenli ve doğru şekilde sağlayacak enerji-çevre dengesinin kurulması hayati bir zorunluluktur. Bu noktadan hareketle bilhassa yenilenemeyen kaynakların kullanımından kaynaklanan çevre sorunlarının çözülmesi ve sürdürülebilir kalkınmanın gerçekleştirilmesi için yenilenebilir ve çevreye yararlı enerji kaynaklarının tercihi önem arz etmektedir. Gaz emisyonlarının her sene arttığı ve gerekli önlemlerin alınmaması durumunda telafisi mümkün olmayan sonuçlara yol açacağı da bilinmektedir. Yaşanabilir bir evren için sürdürülebilir enerji kaynaklarının kullanılması kadar teknolojik önlemlerin alınması da önemlidir (Çavaş, 2017: 144).

Yenilenebilir (sürdürülebilir) enerji kaynaklarının her biri önem arz etmektedir ve incelendiğinde yüksek miktarda enerji ihtiyacını karşılayacak miktarda kaynaklardır. Ama tüm bu kaynaklar bir şekilde birbirine bağlıdır. Bu enerji kaynakları, verimli kullanım yoluyla doğadaki zararı azaltmayı hedefleyen bir gelecek için istenilen kaynaklarıdır. Enerji ihtiyacını karşılamak için kullanılan yenilenemeyen yakıtlar hem çevreye zarar vermektedir hem de yakın gelecekte kullanım süresinin dolması beklenmektedir. Yenilenebilir bir enerji kaynağıyla enerji üretiminin sağlanması ucuz ve çevre dostu bir metottur (Uğurlu, 2006: 142).

**3.4. Sürdürülebilir Enerji Kaynaklarının Önemi, Avantajları ve Çevresel Etkileri**

Sanayi işletmelerinde çimento, çelik, plastik gibi enerji yoğun ürünlerin üretimi, fosil yakıtların, minerallerin ve madenlerin çıkarılması, enerji, altyapı elemanlarının (yollar, binalar, elektronik cihazlar, elektrik şebekeleri, su ve kanalizasyon sistemleri, ulaşım araçları vb.) kurulması/işletilmesi ve her üretim süreci için hayati bir girdi unsurudur (Açıkalın, 2018: 57). Öte yandan artan nüfus, teknolojik gelişmeler ve yükselen yaşam standartları, fosil yakıtların çevresel etkileri ve sürdürülemezliği (Dinçer, 2018: 13), enerji güvenliğine ilişkin siyasi, ekonomik ve çevresel sorunların varlığı, enerji güvenliği açısından çeşitli enerji kaynaklarının önemini ortaya koymaktadır. (Baş, 2018: 26). Ayrıca enerji; ekonomik büyüme, sürdürülebilir kalkınma, rekabet avantajı, teknolojik gelişme, sağlıklı nüfus, sosyal kalkınma, küresel istikrar-işbirliği ve yaşam koşulları üzerinde önemli sonuçları vardır (Kar ve Kınık, 2008: 336).

Fosil yakıtlar yok olma tehlikesi içindedir. Bu, sürekli kullanım maliyetinin arttığı anlamına gelmektedir. Temiz enerji kaynakları ise sürdürülebilirdir. Kullanımla tükenmez ve gelecek nesillere aktarılabilir. Temiz enerji kaynakları, çevre dostu olması ve yüksek verim sağlaması nedeniyle ülke ekonomisinde stratejik açıdan önemlidir (Konyalı, 2019: 26).

* Temiz enerji kaynakları doğa dostudur.
* Enerji harcamaları, ülke ekonomisinde bütçe dengesini etkilemektedir.
* Temiz enerjiye yönelim enerji ithalatını azaltılır, bütçe açığı kapatılır ve iktisadi denge sağlanmaktadır. Yeni iş kaynakları yaratılarak istihdam artırılmaktadır.
* Elektrik enerjisinin iletilmesinin en zor olduğu yerlere dahi elektriğin iletilmesidir.
* İşsizliğin azalmasını ve yeni iş alanlarının oluşturulmasını sağlamaktadır.
* Doğal yaşam korunmaktadır, kaynakların tükenmesi endişesi olmadan enerji elde edilmektedir.

Dünyada yenilenemeyen yakıt rezervlerinin azalması, dünya sıcaklığının artması ve bu artışın sürekliliği, havanın kirlenmesi, ozon tabakasının incelmesi, yenilenemeyen kaynaklar ile enerji sağlamanın ulusal ve küresel düzeyde çevresel etkileri ve küresel ısınma arasındaki ilişkinin çevre duyarlılığının artmasında etkili olması, yenilenemeyen yakıtların neden olduğu sera gazı emisyonlarının düşürülmesinin önemi üzerinde durulmasını gerekli kılmış ve yenilenemeyen yakıt tüketimine alışmış dünya ülkeleri yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmiştir (Ataman, 2007: 23).

Çevre olaylarının artması, yaşam kalitesinin yükselmesi ve artan çevre kirliliği enerji tüketiminin gittikçe arttığının göstergeleridir. İklim değişikliğinin ana sebebi, yüksek miktarda yenilenemeyen yakıt kullanımı sonucu açığa çıkan azot oksitler, kükürt dioksit ve karbondioksit gibi gazlardır. Çevre kirliliğinin en önemli belirtilerinden birinin hava kirliliğidir (Akella, Saini ve Sharma, 2009: 391).

Ekonomik gelişmeler enerji tüketimini arttırmaktadır. Ekonomik kalkınmayla CO2 emisyonları arasında direkt bir ilişki bulunmaktadır ve ekonomik kalkınmanın bir sonucu olan enerji tüketimindeki artış da CO2 emisyonlarını artırmaktadır. Atmosfere yayılan korkunç miktarda CO2 gazı, doğanın dengesiyle oynamaktadır ve küresel ısınmanın sonuçları daha da kötüleşebilmektedir (Chiu ve Chang, 2009: 1671). Bu etkileri önlemek için Kyoto Protokolü kurulmuştur. Sürdürülebilir kalkınma ve çevrenin korunması için tüm önlemleri almaktan oluşan iki ana hedefi içermektedir. İklim değişikliğiyle savaşmak için hazırlanmış en detaylı anlaşmadır. Protokolün ana amacı, “atmosferdeki sera gazı birikimlerinin iklim sistemi üzerinde tehlikeli antropojenik etkiyi önleyecek düzeyde elde edilmesidir”. Bu süreçte Kyoto Protokolü'nde gerçekleştirilmesi planlanan en önemli hedef sera gazı emisyonlarının azaltılmasıdır ve bu azaltımı sağlamak için de kullanılabilecek farklı esnek sistemlerin kullanılmasıdır. Bugün protokol 160 ülkeyi ve dünyadaki sera gazı emisyonlarının yüzde 55'inden fazlasını içermektedir. Türkiye’nin Kyoto Protokolü'ne katılımına ilişkin kanun tasarısı 05.02.2009 tarihinde onaylanmıştır. 26.08.2009 tarihinden sonra ülkemiz, Kyoto Protokolü'ne resmen taraf olmuştur (Hayrullahoğlu, 2012: 2). Ülkemizin de sera gazı emisyonlarını 2030 senesinde yüzde 21'e kadar azaltabileceğimizi Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Sekreterliği'ne bildirdiği de belirtildi (Özhaseki, 2017).

Güneş enerjisi üretim sistemleri atmosfere direkt herhangi bir çevreye zararlı bileşen (sera gazları, zehirli gazlar vb.) salmaz. Dolaylı çevreye zararlı emisyonlar dikkate alındığında bile emisyon miktarı çok düşüktür. Güneş enerjisi üretim sistemlerinde doğrudan deşarj yoktur. Sistemin yapısına bağlı olarak bir kaza anında içindeki kimyasal su tahliye edilebilir. Güneş enerjisi üretim sistemlerinden kaynaklanan atıklar, sistemde kullanılan malzeme ve maddelerden oluşmaktadır. Üretilecek atık miktarı, herhangi bir yenilenemeyen yakıt enerji üretim sistemiyle karşılaştırılamayacak kadar düşüktür. İlk kurulum sırasında kullanılan malzeme miktarı yüksek olabilir ama uzun ömürlü olmaları devamlı olarak atık üretimini engellemektedir. Normal çalışma koşulları altında, güneş pili sistemlerinde gaz veya sıvı kirleticiler veya radyoaktif maddeler yayılmaz. Kullanılan sistem tipine göre görüntü kirliliğine neden olabilirler ama binalarda kullanılan sistemler binayla uyumlu olarak tasarlanırken, sahada kurulan sistemler arazinin yapısına göre tasarlanırken, bu tür kirlilik önlenebilir. Bu sistemlerde mekanik aksam olmadığı için gürültü yoktur. Oluşabilecek tek gürültü kaynağı inşaat esnasındaki gürültüdür. Güneş enerjisi üretim sistemleri, kurulum yerine ve çeşitlerine bağlı olarak canlıların ömrünü etkilemektedir. Doğal ekosistemlerde arazi kullanımının etkisi, bölgenin topografyası, doğal güzelliği veya hassas ekosistemden uzaklığı ve alanın biyolojik çeşitliliği gibi belirli faktörlere bağlıdır. Yer hareketleri ve yer değiştirmeler gibi inşaat faaliyetleri sebebiyle inşaat aşamasında alan üzerinde etki ve değişikliklerle karşılaşılması muhtemeldir. Bunun yanında bozulmuş toprak araziler üzerine kurulmaları arazi ıslahı açısından olumlu bir etkiye sahiptir (Varnca ve Varank, 2005; Tsoutsos, 2005). Güneş enerjisi santralleri barajlı hidroelektrik santrallere göre daha az alanı kaplamaktadır. Hem güneş pilleri hem de termik tip güneş enerjisi santrallerinin kapladığı alan 0.025 km2 /MW seviyesinin altındadır. Barajlı hidrolik santraller için bu alan 1 km2/MW düzeyine kolay bir şekilde ulaşabilir, hatta onu aşabilmektedir (Ültanır, 1996).

Rüzgar santrallerinin olumsuz yönlerinden biri de kuş ölümlerine neden olabilmeleridir. Kuş ölümleri çoğunlukla göçmen kuşların göç sırasında toplu halde uçmasıyla oluşur. Yapılan araştırmalara göre yılda yaklaşık 20000 kuş ölümü rüzgar türbinlerinden kaynaklanmaktadır ancak bu sayı avcılık, trafik veya elektrik hatlarından kaynaklanan ölümler düşünüldüğünde göz ardı edilemeyecek kadar düşüktür. Sonuç olarak bu kuş ölümlerini önlemek için göç yollarına rüzgar santralleri kurmamak faydalı olacaktır (Kocakuşak, 2018).

Gürültü, rüzgar santrallerinin kurulumu sırasında tasarlanan konulardan biridir. Gürültü rahatsız edici istenmeyen ses olarak adlandırılabilir. Bir rüzgar türbininde meydana gelebilecek iki tür gürültü vardır. Birincisi rüzgarın türbin kanatlarına çarpmasından kaynaklanan aerodinamik gürültü, ikincisi ise jeneratör dişli sisteminin ve rüzgar türbininin diğer parçalarının çalışması sırasında oluşan mekanik gürültüdür. Teknolojik gelişmeler türbinlerde oluşan mekanik gürültüyü neredeyse sıfıra indirmiştir (Gedik, 2015).

Rüzgar türbinleri büyük yapılar olduğu için bulundukları coğrafyada görünüm ve estetik açıdan olumsuz etkiler bırakabilmektedir. Bunun yanında türbinlerin parlak ve cilalı yapıları güneş ışınlarını yansıtabildiğinden radyasyon olarak isimlendirilen bir etki bırakabilmektedir. Bu radyasyon etkisini azaltmak için türbin kanatları gri renge boyanarak bu problem çözülmüştür. Ortaya çıkan görüntü kirliliğini en aza indirmek için kule tipi kafesten Boru tipine geçiş yapılmıştır. Gölge etkisi tüm büyük yapılarda olduğu gibi rüzgar santrallerinde de oluşabilen bir durumdur. Bunun yanında rüzgar türbinlerinin uzun ancak ince yapıları sebebiyle bu etkiler çok düşük bir bölgeyi kapsamaktadır. Gölge efekti, maksimum 1 km alandan sonra kaybolmaktadır. Tüm büyük inşaat projelerinde olduğu gibi rüzgar santralleri de elektromanyetik alan oluşumu gibi olumsuz bir durum yaratabilmektedir. Bu elektrik alanı, radyo ve televizyon yayınlarını bozabileceği gibi, türbin sahasındaki deniz ve hava sinyal trafiğini de olumsuz etkileyebilmektedir. Bölgedeki TV sinyalleriyle rüzgar türbininin kanat boyutu arasında bir ilişki vardır. TV sinyallerindeki bu bozulma, anten düzenlemesi ve yardımcı verici sistemleri tarafından düzenlenmektedir. Rüzgar gücünden elde edilebilecek optimum enerji için pervaneden önce ve sonra rüzgar 1/3 oranında azalır, bu bağlamda rüzgar çiftliklerinin iklim üzerinde etkisi olduğu ifade edilebilir. Rüzgar türbinleri düşük rüzgarlarda çalışmazlar ama yüksek güçlü hava akımlarında çalışarak kuvvetli rüzgarları azaltma etkisine sahiptirler. Böylelikle rüzgar çiftliklerinin iklime olumlu etkisinin olduğu söylenebilmektedir (Özkaya vd., 2008).

Jeotermal akışkanın korozyon ve kireçlenmeye yol açabileceği, içerdiği bor nedeniyle tarımsal sulamaya uygun olmadığı ve yapısında karbondioksit ve hidrojen sülfür gibi gazlar oluştuğu bilindiğinden jeotermal enerji kullanımında bazı teknolojik önlemlerin alınması gerekmektedir. Reenjeksiyon (sıvının yeraltına geri döndürülmesi), rezervuar parametrelerini korumak, jeotermal su ve gazların çevreye zarar vermesini önlemek için tüm dünyada kanunen mecburi kılınmıştır. Jeotermal enerjinin araştırılması sırasında çevreyi etkilemesi en muhtemel konu sondaj sırasında olabilir. Küçük çaplı, kalıcı olmayan bu etkiler, arama aşamasında alınan tedbirlerle ortadan kaldırılabilir. Yeni nesil jeotermal santrallerde çevre kirliliği sıfıra yakındır. Yakıt yanmadığından nitrojen emisyonu yoktur ve kükürtdioksit emisyonu çok düşüktür. İkili jeotermal santrallerle hiç gaz emisyonu olmaz. İkili jeotermal santrallerde yüzeye sıvı deşarjı olmaz. Santraller az yer kaplar ve görüntüyü bozmaz (Devlet Planlama Teşkilatı, 2001). Jeotermal enerji kaynaklarının çevreye olası negatif etkileri, yüzey deformasyonu, sıvı çekilmesinden kaynaklanan fiziksel etkiler, gürültü, termal kirlilik ve zararlı kimyasalların oluşmasıdır. (Akkaya, Akkaya Koca ve Dağdaş, 2002).

Hidroelektrik santraller çevre dostu yeşil santraller olarak kabul edilmektedir. Bunun sebebi hava kirliliğine veya sera etkisine neden olmazlar. Radyoaktif çöp gibi riskli ürünler oluşturmazlar. Bunun yanında hidroelektrik santraller tarım alanlarının sulanmasında önemli katkılar sağlayarak aşırı yağış ve ağaçlandırmadan kaynaklanan taşkınların önüne geçmektedir. Hidroelektrik santrallerin yapımı sırasında büyük sistemler ortaya çıkmaktadır. Bu bazen çevre üzerinde olumsuz etkiler yaratmaktadır (Mutlu, 2013). Hidroelektrik santrallerin kurulacağı bölgelerde ağaçların yok edilmesi ve çevrenin tahrip edilmesi kaçınılmazdır. Büyük su depolayan barajların varlığı ekolojik sistemin mikroklimatik durumdan etkilenmesine neden olmaktadır. Tarım alanlarının sulanmasında etkin rol oynayan akarsu ve göletlerin kullanımı bu tarım alanlarında verimliliği düşürmektedir ve erozyona bağlı olarak verimli toprakların kaybına yol açabilmektedir (Gedik, 2015). Barajlar akan su kanallarının akışını engellediği için su canlılarının yaşam alanlarını daraltabilmektedir. Bu da nehir ve göllerdeki balıkçılık faaliyetlerini olumsuz etkilemektedir. Geniş su yüzeyine sahip baraj göllerinde bulaşıcı hastalıkların ortaya çıktığı gözlemlenmiştir. Tüm bu olumsuz sebeplerden dolayı dünya bankası hidroelektrik santralleri desteklememe kararı almıştır (Ağaçbiçer, 2010).

Hidrojen enerjisi üretimiyle su üretildiği için atık oluşumu veya gaz salınımı söz konusu değildir. Mekanik bir işlem olmadığı için gürültü ve görüntü kirliliği oluşmamaktadır. Alevli yanmada hidrojen gazı kullanılırsa az miktarda NOx oluşmaktadır. Hidrojen gazı üretimi sırasında su dışında bir kaynak kullanılırsa atık madde olarak çevreye zarar veren gazlar oluşabilir. Biyolojik veya fosil kaynaklı hidrojen üretiminde açığa çıkan birçok gazın oluştuğu gözlemlenmiştir. Bu gazların bir kısmı sera etkisine ve küresel ısınmaya yol açabilmektedir (Gedik, 2015). Hidrojen gazı kullanımının sınır değerleri aşması durumunda yükselen hidrojen gazının atmosfere zararlı etkilerinin olabileceği ve bu durumun eko dengeyi bozabileceği tahmin edilmektedir.

Jeotermal enerji kullanımı aynı zamanda kimyasal kirlilik, termal kirlilik, toprak ve malzeme hasarı gibi birçok çevresel zarara da yol açabilir (Doğan, 2019). Jeotermal sularda bulunan kimyasallar çevreye zarar verebilir. İçlerinde bulunabilecek bor ve cıva gibi metaller, bitki örtüsü için zehirli kimyasallardır. Nadir durumlarda ani olumsuz hadiselerde göl veya nehir gibi alanlardan jeotermal suların deşarjı buradaki canlı yaşamına zarar verebilir. Jeotermal bölgelerin çoğunluğu ekilebilir araziler olduğu için buradaki olumsuz koşullar tarım arazilerine de zarar verebilir (Karagüç, 2013).

Denizden sağlanan enerjiler, dalga, boğaz akıntıları, gelgit ve deniz sıcaklığı gradyanı olarak da ifade edilmektedir. Bu nedenle madde girişi ve çıkışı olmadığı için atık oluşumu, gaz-sıvı emisyonu yoktur. Deniz enerji sistemlerine göre gürültü veya görüntü kirliliği oluşsa da ortadan kaldırılması zor değildir. Habitat ve canlı yaşamı üzerindeki etkiler en önemlileridir. Bazı enerji santralleri, alınması ve çalıştırılması için çok büyük miktarda deniz suyu gerektirmektedir. Bu tesislerle, okyanusun hem yüzeyinden hem de derinliklerinden her MW elektrik çıkışı için saniyede yaklaşık 4 m3 su yer değiştirir ve bu su kütlesi yaklaşık 100 ila 200 m arasında bir derinliğe boşaltılmaktadır. Bu devasa akış hızları, okyanusun tuzluluğu ve büyük miktarlarda çözünmüş gazları, basıncı, besin maddelerini, karbonatları ve bulanıklığı elektrik santralinin yakınındaki okyanusun termal yapısını bozabilmektedir. Tüm bu değişimlerin büyüklükleri çevresel etkinin dikkate alınması için çok önemli kriterlerdir. Yapılan araştırmalarda dalga enerjisi projelerinin çevresel etkilerinin büyük ölçüde her bölgenin kendine has değişikliklere ve yerel coğrafi yapılara bağlı olduğu tespit edilmiştir (Akkaya, Akkaya K. ve Dağdaş, 2002).

Sanayileşme ve müreffeh bir yaşam arzusu da enerji ihtiyacını artırmaktadır. Bu açığı kapatma noktasında ise çevre kirliliğine neden olmadan enerji üretimi büyük önem kazanmıştır. Bu noktada biyoyakıt doğru enerji kaynağı olarak görülmektedir. Tükenmeyen bir kaynak olması ve her yerden temin edilebilmesi, kırsal kesim için iktisadi ve sosyal faydalarının olması bu kaynağın tercih edilme nedenleridir. Biyokütle enerjisinin kullanılması, sera gazı emisyonlarının azaltılmasında etkili olabilmektedir. Biyoyakıtların yanması sonucu ortaya çıkacak olan karbondioksit, fotosentez sonucunda bitkiler tarafından emildiği için doğada ekstra karbon salınımı olmayacaktır (Gedik, 2015). Biyoyakıt hammaddelerinin temininde enerji ormancılığı önem kazanmıştır. Bu yüksek seviyedeki enerji ormancılığının tek başına orman ekosistemine zarar vermesi muhtemeldir. Çok sayıda ağacın kesilmesi ve yerlerine uygun ağaçların dikilmesi kısa vadede kendini yenileyememesi, doğanın dengesinin bozulmasına neden olabilmektedir (Mutlu, 2013). Sıvı biyoyakıtların çok büyük miktarlarda üretimi sırasında ortaya çıkabilecek alkol, sıvı atıklar ve baz gaz emisyonları yan ürünlerle su ve hava kirliliğine yol açmaktadır. Bunun insan sağlığı üzerinde olumsuz bir etkisi olabilmektedir. Biyoyakıt kullanımına olan talebin artması, zamanla gıda amaçlı kullanılan tarım alanlarının enerji tarımına dönüştürmektedir.

**3.5. Sürdürülebilir Enerjiye Ulusal ve Küresel Bakış**

**3.5.1. Ulusal Bakış**

Türkiye'de petrol, kömür, doğal gaz gibi fosil yakıtlarda kullanılabilir rezerv oranının yetersiz olması, çevresel ve sosyal kısıtlamalar nedeniyle yenilenebilir enerji kaynaklarına, özellikle güneş enerjisine, her yerde kolayca bulunabilmeleri nedeniyle bir eğilim vardır. Ülkemizin bir parçası, maliyeti düşük ve karbondioksit emisyonları en azdır. Güneş enerjisi ısıtma, kurutma, soğutma, aydınlatma ve elektrik üretimi amacıyla kullanılmaktadır (Acar, 2018: 4). Bunun dışında hidrojen üretimi, sentetik yakıt üretimi (metanol, etanol vb.) ve temiz su üretimi gibi alternatif yöntemler de geliştirilmektedir. Genel olarak yenilenebilir enerji kaynaklarının geliştirilmesi konusunda lisanslama, üretim, dağıtım, teknik ve yasal düzenlemeler, üretilen enerjinin satın alınması, ücretlendirme mekanizması, yatırımlar, teşvikler, araştırma, inovasyon, teknoloji geliştirme konularında politika ve stratejilere ihtiyaç duyulmaktadır (Dinçer, 2018: 13).

Türkiye hidrolik enerji, jeotermal enerji, güneş ve rüzgar enerjisi kapasitesi açısından zengin bir ülkedir. Bu kaynakların kullanımı, sürdürülebilir enerji sektörünün gelişimi ve Avrupa Birliği (AB) ile uyum için yapılan düzenlemelerle teşvik edilmektedir. Yatırımcıların ilgisi sayesinde sektör gelişmeye devam etmektedir. Serbest piyasa koşulları kapsamında Türkiye'de yenilenebilir enerji kullanımının desteklenmesi ve arttırılmasına yönelik yasal altyapı için 5346 sayılı Sürdürülebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Üretimi Amaçlı Kullanımına Dair Kanun 2005 senesinde kabul edilmiştir. 29 Aralık 2010 tarihinde kabul edilen 6094 Sayılı Kanun ile 5346 Sayılı Kanunda bazı değişiklikler yapılmış ve sürdürülebilir enerji kaynaklarından elektrik enerjisinin üretimi için elde edilecek kaynak bazlı (jeotermal, hidroelektrik, rüzgar, biyokütle, güneş) bir destek sistemi tanımlanmıştır. (Türkiye Cumhuriyeti Avrupa Birliği Bakanlığı, 2020: 36). Bunun yanında 2007 senesinde yürürlüğe giren 5627 sayılı Enerji Verimliliği Kanunuyla 4628 sayılı Elektrik Piyasası Kanununa getirilen düzenlemeyle sürdürülebilir kaynaklı elektrik üretim tesisleri ve mikro kojenerasyon tesisleri çok küçük ölçekli işletmelerin kurulması için lisans alma ve işletme kurma sorumluluklarından muafiyet tanınmıştır. Yürürlüğe giren 6446 sayılı yeni Elektrik Piyasası Kanununda yenilenebilir enerji kaynaklarından lisanssız elektrik üretimi limiti 0,5 MW'tan 1 MW'a yükseltilmiştir. 18 Mayıs 2009 tarih ve 2009/11 sayılı Yüksek Planlama Kurulu Kararı ekinde yer alan “Elektrik Enerji Piyasası ve Arz Güvenliği Strateji Belgesi”nde sürdürülebilir enerji kaynaklarına ilişkin 2023 senesi için hedefler tespit edilmiştir (Türkiye Cumhuriyeti Avrupa Birliği Bakanlığı, 2020: 36):

* Elektrik enerjisi üretiminde yenilenebilir kaynakların payı yüzde 30,
* Hidroelektrik potansiyelinin hepsini elektrik üretiminde kullanmak,
* Rüzgar enerjisine dayalı kurulu gücün 20.000 MW'a ulaşması,
* 600 MW jeotermal potansiyelin devreye alınması,
* Güneş ve diğer yenilenebilir kaynakların kullanımı için gerekli düzenlemeleri yapmak,
* Yerli ve sürdürülebilir enerji kaynaklarının kullanımına yönelik alınacak önlemler neticesinde doğal gazın elektrik üretimindeki payı yüzde 30'un altına düşürülmüştür.

**3.5.2. Küresel Bakış**

Dünya nüfusunun beşte biri olan zengin ülkelerin insanları toplam enerjinin yüzde 70'ini tüketmektedir. Bu pay, dünya nüfusunun çoğunluğunu oluşturan endüstrileşmekte olan ülkeler için yüzde 10 iken, en yoksul kesim için yüzde 2,5'tir (Açıkalın, 2018: 59).

BM Taraflar İklim Değişikliği Konferansı çerçevesinde alınan kararlarda küresel ölçekte birçok ülke, iklim değişikliğini 2C seviyesinde tutabilmek için karbon emisyonu azaltım hedefleri belirlemiştir. AB, 2030 hedefleri kapsamında sera gazı emisyonlarını yüzde 40 azaltmayı, toplam enerji tüketiminin en az yüzde 27'sini yenilenebilir enerji kaynaklarından karşılamayı ve enerji verimliliğini en az yüzde 27 artırmayı hedeflemektedir. Almanya, sera gazı emisyonlarını 2030'dan önce yüzde 40, 2050'de ise yüzde 95 azaltmayı planlamaktadır. Sıfır karbon hedefleyen ülkelerden biri olan Almanya'da elektrik tüketiminin yüzde 31'i ve birincil enerji arzının yüzde 13'ü yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilmektedir. Yenilenebilir enerji kaynaklarının üretim sistemlerinde yerli girişimcilerin ve bireysel ürünlerin oranı yüzde 42 civarındadır. Türkiye'nin yenilenebilir enerji kapasitesi yüksek olmasına rağmen, bu kapasite yeterince kullanılmamaktadır Yenilenebilir enerjinin toplam enerji üretimindeki oranı yüzde 31, rüzgar enerjisi, biyogaz ve güneş enerjisi için yüzde 8 ile sınırlıdır (Turan, 2017: 4-5).

**3.6. Dünya’da ve Türkiye’de Sürdürülebilir Enerjinin Durumu**

Ülkelerin kalkınmasında ve refahının artmasında birincil öneme sahip olan enerji, uluslararası sistemdeki en stratejik araçlardan biridir. Enerji politikaları, kısa vadede enerji kaynaklarının uluslararası piyasalara güvenli erişimi, arzı ve fiyatlandırılması gibi hususları ele alırken, uzun vadede kalkınma planlarını ve politikalarını içerir (Ercümen, 2016).

COVID19 krizi sırasında elektrik üretiminde tüm enerji kaynaklarının payı azalırken, sürdürülebilir enerji kaynaklarının elektrik üretimindeki payının artması sürmüştür. IEA, Mayıs ayı raporunda, sürdürülebilir enerji kaynaklarından üretilen elektrik miktarının 2020 senesinde küresel olarak yüzde 7 artacağını öngörmüş ancak yenilenebilir enerji sektörü, COVID 19 krizinin getirdiği zorluklara güçlü bir şekilde adapte olmuştur. IEA, yüzde 7'lik tahmini ile yenilenebilir enerji kapasitesinin 2020'de yüzde 18 artacağını tahmin etmektedir (World Energy Council, 2021: 1).

COVID19 döneminde küresel enerji talebi yüzde 5 azalmış ve son 50 senede eşi benzeri görülmemiş bir duraklama yaşanmıştır. COVID19 krizinin dünya ekonomisinde yol açtığı daralmayla yatırımcılar sürdürülebilir enerji sektöründeki yatırımlarını artırma kararı alarak sektörde zorlu süreci başarıyla tamamlamışlar ve Ocak-Ekim 2020 döneminde bir önceki seneye göre yüzde 15 daha fazla sürdürülebilir enerji ihalesi gerçekleştirilmiştir. Ekim 2020 tarihinde güneş enerjisi firmalarının dünya borsalarındaki piyasa değerleri bir önceki senenin aynı ayına göre iki katına yükselmiştir. Küresel sürdürülebilir enerji kapasitesi 2020 senesinde 200 GW'lık bir kapasite artışıyla ABD ve Çin'in başı çektiği 2020 senesinde yüzde 4 artmıştır. Bu sene küresel ek enerji kapasitesi artışının yüzde 90'ından fazlası sürdürülebilir enerji kaynaklarında olmuştur. Çin ve ABD'de güneş ve rüzgar enerjisi kapasitesinin önümüzdeki beş senede yüzde 30 artması beklenmektedir.

2021 senesinin sonuna doğru küresel sürdürülebilir kapasitenin yüzde 10 artacağı ve Hindistan'ın da yenilenebilir kapasite artışına en fazla sahip ülke olacağı tahmin edilmiştir. Bu yıl Hindistan’ın, 2020'de oluşturduğu sürdürülebilir kapasitenin 2 katı ek kapasite artışı yaşayacağı da tahminler arasındadır. 2020-2024 döneminde yenilenebilir enerji kapasitesindeki artışın, Çin, Hindistan ve bazı Güney Amerika ülkelerinde sürdürülebilir enerji sektörüne verilen devlet sübvansiyonlarının geleceği belirsiz olduğundan, bu dönemde azalması da beklenmektedir. Öte yandan, aynı dönemde Avrupa'da kara rüzgar gücü kapasitesi artışının yüzde 15 oranında azalması ve açık deniz rüzgar gücü kapasitesinin önemli ölçüde artması da beklenmektedir. 2020-2021 döneminde sektörel büyüme ve sübvansiyonların sürmesi halinde, küresel güneş ve rüzgar kapasitesinin 2020 senesi sonuna kadar yüzde 25 artması öngörülmektedir (World Energy Council, 2021: 2).

2022 yılında sürdürülebilir kapasitenin 271 GW artması beklenmektedir. Önümüzdeki iki sene içinde Çin'in küresel sürdürülebilir kapasite artışının yüzde 30'unu oluşturması tahmin edilmektedir. Yakın gelecekte güneş ve rüzgar enerjisi, ek elektrik kapasitesi genişletmesi için en ucuz ve en uygun fiyatlı iki enerji kaynağı durumuna gelecektir (World Energy Council, 2021: 2-3).

2025 senesine kadar yapılacak ilave elektrik kapasitesi artışının yüzde 95'inin yenilenebilir enerjiden karşılanacağı tahmin edilmektedir. Toplam kurulu güneş ve rüzgar gücünün 2023 senesinde doğal gaz kapasitesini ve 2024 senesinde de kömür kapasitesini geçmesi tahmin edilmektedir. 2025 senesine kadar güneş enerjisinin toplam sürdürülebilir enerji kaynaklarının yüzde 60'ını ve rüzgar enerjisinin yüzde 30'unu oluşturacağı da tahmin edilmektedir. Yenilenebilir enerji kaynaklarının 2025 senesi ve sonrasındaki 50 sene boyunca kömürü geçmesi ve en fazla elektrik üreten enerji kaynağı olması beklenmektedir. 2025 senesine kadar yenilenebilir enerjinin, küresel elektrik talebinin üçte birini karşılayacağı da tahmin edilmektedir. Hidroelektrik enerjinin, sürdürülebilir enerji kaynaklarının yarısını karşılamaya devam edeceği de öngörülmektedir.

Üç büyük Asya ekonomisi, Japonya ve Güney Kore, 2050 senesine kadar sıfır emisyona, Çin ise 2060 senesine kadar sıfır emisyona ulaşmayı planladıklarını açıklamıştır. Son bir yılda küresel karbon emisyonlarının yüzde 79'undan sorumlu olan ülkeler, sıfır emisyon hedeflerini açıklamışlardır. COVID19 kriziyle birlikte, emisyon hedeflerinin ve enerji dönüşümünün öneminin öncelikli hale gelmesi, yeşil enerji dönüşümü ve sürdürülebilir enerji yatırımlarının artarak süreceği öngörülmektedir (World Energy Council, 2021: 3).

Türkiye'de sürdürülebilir enerji üretimi, 2015'ten bu yana (2015, 2016, 2019 ve 2020) dört kez kömür üretimini geçmiş fakat son iki senede en yüksek marj, dokuz puanlık farkla elde edilmiştir. Bu dönemde yenilenebilir enerji santrallerindeki tüm fosil yakıtlardan daha fazla elektrik üretilmemesine rağmen, 2019 ve 2020 senelerinde aralarındaki fark önemli ölçüde azalmıştır. Yenilenebilir enerji 2015 senesinde elektrik üretiminin sadece üçte birini oluştururken, 2020'de yaklaşık yarısını (yüzde 43) oluşturmuştur.

Hidroelektrik dahil yenilenebilir elektrik, kömür yerine fosil gazın yerini almıştır. 2015 senesinden bu yana fosil gazdan elektrik üretimi yüzde 15 düşmüştür. 2019 senesinde yağışlı geçen bir senenin ardından, hidroelektrik üretimi daha normal oranlara düştüğü için 2020'de fosil gaz üretimine geri dönüş oldu. Ama rüzgar ve güneş enerjisi istikrarlı bir şekilde büyümeyi sürdürdü, fosil gazın yenilenebilir enerji üzerindeki hakimiyetinin 2015 senesindeki oranlara geri dönmemesi beklenmektedir.

Rüzgar ve güneş enerjisi toplam üretimdeki payını son beş senede yüzde 4'ten yüzde 12'ye çıkarmıştır. Hidroelektrik, Türkiye'de ana yenilenebilir elektrik kaynağı olmayı sürdürmektedir ama bir üretimdeki payı, 2020'de 2015 senesinde belirlenenle aynı oranda (yüzde 26) kaydedilmiştir. Bilhassa rüzgar enerjisinde, 2020 senesinde kurulan ek kapasite, 2019 senesindeki kurulu miktarı ikiye katlayarak güçlü bir büyüme sağlanmıştır. Ayrıca, 2020 senesinde kurulu ek güneş enerjisi kapasitesi miktarı 2019'a göre yüzde 28 azalmıştır. Türkiye'nin rüzgar enerjisi üretimindeki büyümesini devam ettirmesi ve güneş enerjisine yaptığı yatırımı artırması gerekmektedir. Kömürden elektrik üretimi 2020'de sadece yüzde 6 düşmüş ve 2015'ten bu yana yüzde 39 artmıştır. Bunun yanında Türkiye, tüm G20 ülkeleri arasında kömürün üretimdeki payının 2015'te arttığı üç ülkeden biri olmuştur; diğer iki ülke ise Rusya ve Endonezya’dır.

Kömür, 2015 senesinde elektrik üretiminin yüzde 29'unu oluştururken, 2020'de yüzde 34'ünü oluşturmuştur. Fosil gazın elektrik üretimindeki payı azalmış ve son beş senede yüzde 37 iken yüzde 23 olmuştur. Ama 2020 senesinde toplam üretimin yüzde 57'sini fosil yakıtlar oluştururken, bu üretimin yüzde 34'ünü tek başına kömür oluşturmaktadır. Türkiye yeni kömür santrali planlarının sadece bir kısmını gerçekleştirse bile bu durumun süreceği beklenmektedir. Türkiye, ilk nükleer santralinin inşaatına 2017 senesinde başlamıştır. Akkuyu santralinin 2026 senesine kadar tam olarak faaliyete geçmesi ve dört üniteden ilkinin 2023’e kadar faaliyete geçmesi planlanmaktadır. Hükümet, 2030'a kadar iki nükleer santral daha inşa etmeyi planlamaktadır. Ama deprem riski sebebiyle güvenlik açısından uluslararası endişeler vardır. Elektrik talebi, 2015'ten bu yana yüzde 15 artarak, kişi başına düşen küresel ortalamanın 1,5 katına eşit olarak istikrarlı bir şekilde büyümüştür (Ember Global Electricity Report, 2021: 3).

Rüzgâr ve güneş enerjisiyle elektrik üretimi 2020 senesinde yüzde 15 artmıştır. Yenilenebilir enerji açısından rekor bir sene olan, hidroelektrik üretiminin yüzde 10 arttığı, daha az yağışın yanı sıra hidrolik enerji üretimindeyse yüzde 12 senelik düşüş yaşanmıştır. Ülkemizin en büyük üç hidroelektrik santrali olan Atatürk, Karakaya ve Keban'daki üretim, yağış ve kar yağışının mevsimsel ortalamanın son derece üzerinde olması sebebiyle 2019'da 2018'e göre iki katına çıkmıştır. 2020'nin ikinci yarısında yaşanan kuraklık, fosil gazdan elektrik üretiminde artış sağlayarak yüzde 25 oranına ulaşmıştır. Bu, G20 ülkelerinde doğal gazdan senelik en yüksek elektrik üretim oranına karşılık gelmiştir. Biyoenerji üretimi yüzde 28 artmıştır (Ember Global Electricity Report, 2021: 4).

Türkiye'de elektrik üretiminin yüzde 12'sini oluşturan rüzgar ve güneş enerjisi, Türkiye'nin dünya ortalaması olan yüzde 10'un ve ABD ve Fransa gibi ülkelerin üzerinde olmasını sağlamıştır. Son beş senede rüzgar ve güneş enerjisinde yüzde yedi büyüme oranıyla G20 ülkeleri arasında dördüncü sırada yer alması da dikkat çekicidir. Bu oran İtalya'da elde edilen oranın iki katından fazladır. Küresel eğilime paralel olarak Türkiye'de fosil yakıtların yerini rüzgar ve güneş enerjisi almaktadır. Ama payı azalan kömür yerine fosil gazdır. (Ember Global Electricity Report, 2021: 5).

Türkiye, fosil yakıtların yerini almak için gerekli olan yenilenebilir enerji üretimini artırmayı mümkün kılan iklime ve uygun arazilere sahiptir. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2023 senesine kadar rüzgar ve güneş enerjisinde 20 GW'a ulaşmayı planladıklarını açıklamıştır. Bu kazanım, Türkiye'nin Rusya'dan ithal edilen doğalgaza olan bağımlılığını da azaltacaktır. Ama bunun için siyasi iradenin bunu hedeflemesi, kömür santralleri ve madenlere verilen devlet desteğinin kaldırılması, yatırımların rüzgar ve güneş enerjisine yönlendirilmesi gerekmektedir (Ember Küresel Elektrik Raporu, 2021: 10).

**3.7. Sürdürülebilir Enerji için Yapılması Gerekenler**

Sosyal istikrar, ekonomik büyüme ve çevre koruma hedeflerine ulaşmanın sürdürülebilir kalkınmanın üç ana bileşeni için olduğu ve bu bileşenlerin enerji içinde çok önemli olduğunu bir kez daha söylenebilir. Bu bilgiye dayanarak enerji kavramı, sürdürülebilir kalkınma çalışmaları çerçevesinde önemli hususlardan biri olmuş, insanlığın enerji tüketiminin ekonomiyi bozmadan ve çevreyi kirletmeden sağlanması amacı ön plana çıkmıştır (Öymen ve Ömeroğlu, 2020: 1071).

Dünya Enerji Konseyi (WEC) Eylül 2004 tarihinde yayınladığı bildiride, enerji sektörünün sürdürülebilir bir şekilde gelişimini sunmak için bazı maddelere yer vermiştir (Kaysı, 2019: 31-34):

* **Alternatif Enerji Kaynaklarının Öne Çıkarılması:** Tek bir enerji kaynağına odaklanmak yerine enerji verimliliği artırılmalıdır.
* **Enerji Sektöründe Gerekli Altyapının İyileştirilmesi:** Eski teknoloji enerji tesislerinin modernizasyonu veya yenilerinin yapılması artan enerji talebinin karşılanmasında enerji verimliliğini artıracak ve hızla artan talep sürdürülebilir bir şekilde karşılanacaktır.
* **Enerji Piyasasına Müdahale Edilmesi:** Hedeflere ulaşmak için uygulanması planlanan çeşitli siyasi tedbirler, piyasaların problemsiz ve verimli çalışmasını sağlar.
* **Enerji Üretim Güvenliğinin Sağlanması:** Enerji hizmetlerinin kesintiye uğramadan sağlanması yüksek maliyetler gerektirir. Enerji üretiminde güvenliği artırmak için alınacak önlemler önem taşımaktadır.
* **Enerji Sistemlerinin Bölgesel Bütünleştirilmesi:** Enerji sistemlerini diğer ülkeler ile bütünleştirerek enerji verimliliği ve enerjiye erişimi artırabiliriz. Örnek verecek olursak, bölgeye enerji sistemlerini bütünleştirerek, doğalgaz yerine hidroelektrik enerjisi, petrol yerine güneş enerjisi gibi sürdürülebilir enerji kaynaklarıyla enerji çeşitlendirmesi yapılabilir.
* **Piyasa Koşullarında İklim Değişikliği Politikaları:** Çevre kirliliğini önlemek ve emisyon değerlerini azaltmak için bir takım önlemler alınmalı, yasal düzenlemeler yapılmalı, gelişmiş ülkelerdeki temiz teknolojiler gelişmekte olan ülkelere entegre edilmelidir.
* **Teknolojinin İyileştirilmesi:** Büyüyen enerji sektörüyle çevre arasındaki uyumun sağlanması için teknolojinin geliştirilmesi büyük önem taşımaktadır. Sorunlu enerji teknolojilerinin çevre üzerindeki negatif etkilerinin azaltılmasına katkıda bulunur. İleri teknoloji hem maliyetleri hem de negatif çevresel etkileri azaltır. Bu sebeple hem devlet hem de sanayi firmaları temiz enerji sağlamak için enerji alanında Ar-Ge çalışmalarını artırmalıdır.
* **Enerji Sektöründe Toplumun Güveninin Sağlanması:** Toplumun enerji sektörüne olan güveninin artırılması gerekmektedir. Bu güvenin sağlanması şeffaf bir enerji sektörünün kurulması ve topluma iyi bilgi verilmesiyle sağlanabilir. Enerjiden elde edilecek faydaların anlatılması ve enerji piyasasındaki fiyat dalgalanmalarının sebeplerinin açıklanması enerji sektörüne olan güveni artıracaktır.

Türkiye'de sürdürülebilir enerji için yapılması gerekenler arasında santrallerin maliyet etkin şekilde işletilmesi, perakende tarifelerinin yeniden düzenlenmesi, piyasanın hızla değişen koşullara göre yeniden planlanması, uzun vadeli şebeke altyapı planlarının oluşturulması, doğal gaz toptan satış piyasasının etkinleştirilmesi, teknoloji ve trendlere uyum, enerji verimliliği. verimlilik, yenilenebilir kaynakların maksimum kullanımı, linyit kaynaklarının çevreyle uyumlu optimum ve verimli teknolojilerle kullanılması, uzun vadeli ulusal enerji ve iklim stratejisi, yol haritasının saptanması, enerji sektöründe yönetişimin etkinleştirilmesi ve şeffaflığın artırılması yer almaktadır. Tüm bunların gerçekleşebilmesi için aşağıdaki beş temel gereksinimin karşılanması gerektiği belirlenmiştir (TÜSİAD, 2018).

Türkiye'de sürdürülebilir enerji için santrallerin uygun maliyetle etkin işletilmesi, perakende tarifelerinin tekrardan düzenlenmesi, piyasanın hızla değişen koşullarının tekrardan planlanması, uzun vadede şebeke altyapılarına ilişkin planların yapılması, toptan doğalgaz piyasasının etkinleştirilmesi, teknoloji ve trendlere uyum, enerji verimliliği, sürdürülebilir enerji kaynakların maksimum kullanımı, linyit kaynaklarının çevreye duyarlı teknolojilerle kullanılması, uzun vadede ulusal enerji ve iklim stratejisi, yol haritasının çizilmesi, enerji sektöründe yönetişimin etkin hale getirilmesi ve şeffaflığın artırılması gerekmektedir. Tüm bunların sağlanabilmesi için aşağıdaki beş temel şartın yerine getirilmesi gerektiğine karar verilmiştir (TÜSİAD, 2018).

* **Kaynakları Maksimize Etmek:** Enerji sektöründeki tüm kaynakları maliyeti etkin şekilde değerlendirmek için piyasa ve fiyat sistemlerinin oluşturulmasıdır.
* **Öngörülebilir Yatırım Ortamı:** Artan talebi karşılayacak yatırımların zamanında ve güvenli ve maliyet etkin yapılması için öngörülebilirliğin sağlanmasıdır.
* **Güçlü Ağ Altyapısı:** Tedarik kalitesini sürekli iyileştirmek için doğru yer ve zamanda verimli ve esnek kapasitenin oluşturulmasıdır.
* **Çevrenin Korunması:** Değer zincirindeki tüm faaliyetlerde çevre üzerindeki etkinin en aza indirilmesidir.
* **Vizyon 2030/2050:** Rekabetçi, teknoloji odaklı, verimli bakış açıları, uzun vadeli politika ve hedefleri ve yol haritasını içeren stratejiler ile sektöre yön vermektir.

Ülkemiz, artan enerji talebini sürdürülebilir bir şekilde karşılamak için enerjiyi verimli kullanmayı, yerli ve sürdürülebilir enerji kaynaklarından tam anlamıyla yararlanmayı hedeflemektedir. Bu kapsamda 2005 senesinde Sürdürülebilir Enerji ve 2007 senesinde de Enerji Verimliliği Kanunları yayımlanmıştır. Enerji alanındaki mevzuat, ihtiyaçlar ve AB ile uyum kapsamında ara sıra güncel hale getirilmektedir (Türkiye Cumhuriyeti Avrupa Birliği Bakanlığı, 2020: 12).

Avrupa Yeşil Anlaşması, 11 Aralık 2019 tarihli iklim ve çevresel problemlerle mücadele etmek için Avrupa Birliği'nin (AB) bir yol haritasıdır. Bu yol haritası ile ekonomik büyüme sağlanacak ve sera gazlarının net emisyon değerinin (karbon nötr) 2050 yılında sıfırlanması hedeflerine ulaşmak için yeni stratejiler belirlenecektir. AB, büyük kamu yatırımlarını ve özel sektör yatırımlarını kanalize etmek, sermayeyi iklim ve çevresel eyleme dönüştürmek için bir dizi önlem alacaktır. Şirketlerin, sera gazlarını azaltmak çok fazla çaba göstermesi gerekecektir. Anlaşmanın bir diğer önemli boyutu ise AB'nin çevre sorunlarını tek başına çözemeyeceği için, işbirliği yaptığı ülkelerin bu kurallara uymasını bekleyecek olmasıdır (İstanbul Sanayi Odası, 2021).

Avrupa Birliği (AB), Türkiye'nin en önemli dış ticaret ortaklarındandır. AB’nin düşük karbonlu bir ekonomiye geçiş hedefinin ülkemizin sanayi ve ticaretini önemli ölçüde etkileyeceği düşünülmektedir. Karbon salınımının yüksek olduğu sektörlerde sürdürülebilir enerji kullanımını ön plana çıkaran çevreye yararlı üretim stratejilerinin ön planda tutulması planlanmalıdır. Ülkemiz bu durumu yeşil ve sürdürülebilir bir ekonomiye geçiş olarak kullanırsa ve farklı sektörlerin farklı uyum süreçleri devlet ve özel sektör işbirliğiyle doğru yönetilirse Avrupa Birliği ile ekonomik ilişkilerindeki rekabet gücünün artması sağlanacaktır. Avrupa Birliği'nin mevcut karbon fiyatı ile yürütülen senaryo çalışmalarında Yeşil Anlaşma'nın ülkemiz ticaretine yılda yaklaşık 1 milyar dolar ek vergi sağlayacağı öngörülmektedir. Bu sayede bu mali kaynağın vergi ödemek yerine maliyet optimizasyon süreçlerinde kullanılması ve doğru adımlar atılmasıyla ülkemizle Avrupa Birliği arasındaki ekonomik ve ticari ilişkiler arttırılacaktır. Üretim süreçlerinde revizyon ihtiyacına ek olarak, Yeşil Anlaşma ile ek raporlama ve doğrulama ihtiyaçlarının ortaya çıkması beklenmektedir. Avrupa Birliği'ne ihraç edilmesi planlanan ürünlerin üretim süreçlerinde açığa çıkan karbon miktarının saptanması ve ilgili karbon ayak izinin izlenebilir olması gerekecektir. Dolayısıyla anlaşma, Türkiye için döngüsel ekonomiye geçişte itici güç olarak görülmeli ve sürdürülebilir yeşil ekonomik büyümeyi sağlamak için süreç uyumlu hale getirilmelidir (İzmir Ticaret Odası, 2021).

**Sonuç**

Enerji arz ve talebinin gelecekteki resmi, diğer yenilenebilir enerji kaynaklarına daha sık başvurmak zorunda kalacağımızın bir göstergesidir. Günümüzde iklim değişikliklerinin önceden tahmin edilmesi ve doğal kaynakların korunması alanında herkese sorumluluk düşmektedir.

Enerji tüketimi artışı sürmektedir ve giderek fosil yakıt ithalatına bağımlı hale gelmektedir. Bu durum enerji arzının güvenliğini tehlikeye atabilmekte, ayrıca fosil yakıtların kullanımının artması çevre üzerinde olumsuz etkiler yaratmaktadır. Bu nedenle karbondioksit üretimini azaltacak ve küresel ısınmayı yavaşlatacak çalışmalara ağırlık verilmelidir.

Enerji alanında etkin metotlara öncelik verilmesi gerekmektedir. Ekonomik ve sosyal büyümenin yanı sıra çevre ve halk sağlığının iyileştirilmesi için doğal kaynakların tüketimini önlemeye ve iklim değişikliklerini öngörmeye yönelik çabalar gösterilmeli, enerji sektörüne katkı ve alternatifler sunulmalıdır.

İnsan faaliyetlerinin olumsuz çevresel etkilerinin olduğunun bilincine varıldığında alternatif kaynak arayışları başlamış ve bu süreçte sürdürülebilirlik kavramı gündeme gelmiştir. Bu da tüm dünyada gerçekleştirilen faaliyetlere yönelik eleştirel bir bakış açısı doğurmuştur. Günümüz tüketim alışkanlıklarının benzer şekilde sürmesi durumunda, geri dönüşü olmayan etkiler sadece bir nesil sonra kendini gösterecek ve çevreye verilen geri dönüşü olmayan zararlar bu konudaki çalışmaların en üst düzeyde ele alınmasını gerektirecektir. Göstergelerde ülkelerin sürdürülebilirlik düzeylerinde dönemsel dalgalanmalar olması bu anlamda istikrarın sağlanamadığını göstermektedir.

Enerjide sürdürülebilirliğin sağlanması sosyal, çevresel ve ekonomik alanlarda da sürdürülebilirliği direkt olarak etkilemektedir. Bu durumdan dolayı bütüncül bir bakış açısı ve küresel farkındalık, sürdürülebilirlik için kazandırılması gereken iki önemli faktördür. Fakat dünya uluslarının homojen bir yapıya sahip olmaması, coğrafi olarak farklı önceliklere sebep olmaktadır ve sürdürülebilirliğin küresel bir bilinç haline gelmesine set çekmektedir.

Enerji kaynaklarının hızla azalması ve yenilenebilir kaynaklarla ikame edilebilmesi için devletlerin yaptıkları harcamalar her geçen gün artmaktadır. Bu durum ülkeler bazında önceliklerin farklı olması nedeni ile değişim gösterebilmektedir. Ancak enerji kaynaklarının sürdürülebilir olması gerektiği günümüzde artık tüm ülkeler ve milletler düzeyinde kabul görmektedir. Enerjinin varlığımızı sürdürebilmek adına ihtiyaç duyduğumuz en önemli kaynaklardan biri oluşu bu alanda sürdürülebilirliği olmazsa olmaz kılmaktadır. Mevcut durum ve geleceğe yönelik projeksiyonlar çeşitli göstergeler ve ölçümlerle ortaya konarak bu alanda ihtiyaç duyulan ilerleme herkes tarafından görülebilir kılınmaktadır. Ölçüm ve değerlemelerde kullanılan göstergeler sanayileşme ile birlikte ortaya çıkan çevresel etkilere ve biyolojik kapasite aşımlarına işaret etmektedir. Bununla birlikte bu konuda yapılan çalışmalar ve geliştirilen yöntemler gelecek nesiller için umut verici çabalar olarak görülebilir.

Enerjinin varlığını sürdürebilmek için gerekesinim duyulan en önemli kaynaklardan biri olması, bu alanda sürdürülebilirliği mecbur kılmaktadır. Mevcut durum ve geleceğe yönelik projeksiyonlar çeşitli göstergeler ve ölçümler ile ortaya konularak bu alanda gereksinim duyulan ilerleme herkes tarafından görülebilmektedir. Ölçüm ve değerlemelerde kullanılan göstergeler, endüstrileşmeyle birlikte ortaya çıkan çevresel etkilere ve biyolojik kapasite fazlalıklarına işaret etmektedir. Ancak bu hususta geliştirilen çalışmalar ve metotlar gelecek için umut verici çabalar olarak görülebilir.

Yeni, sürdürülebilir, tükenmez, ucuz, güvenilir, çevre dostu, yerli ve yenilenebilir enerjiler bir öncelik olmalıdır. Elektrik yenilenebilir ve sürdürülebilir şekilde üretilmelidir. Enerjinin sürdürülebilirliği, akıllı enerji üretimi ve tüketimi insanlığın geleceği için son derece önemlidir.

**Kaynakça**

Acar, A.C. (2018). Güneş Enerjileri Raporu, *TÜBA (Türkiye Bilimler Akademisi) Dergisi,* Ankara.

Acaroğlu, M. (2007). *Alternatif Enerji Kaynakları.* Ankara, Nobel Yayın Dağıtım.

Açıkalın, N. (2018), Sürdürülebilir Kalkınmada Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Rolü: Türkiye ve Almanya’da Rüzgâr Enerjisi Üzerine Yasal ve Kurumsal Bir Değerlendirme (Yayınlanmamış Doktora Tezi), Bursa Uludağ Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Bursa.

Ağaçbiçer, G. (2010). Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Türkiye Ekonomisine Katkısı Ve Yapılan Swot Analizler. (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Onsekiz Mart Üniversitesi/ Sosyal Bilimler Enstitüsü, Çanakkale.

Akella, A.K., Saini, R.P. ve Sharma, M.P. (2009). Social, Economical And Environmental Impacts of Renewable Energy Systems, *Renewable Energy,* 34.

Akkaya, A. V., Akkaya Koca, E., Dağdaş, A. (2002). Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Çevresel Açıdan Değerlendirilmesi, *IV. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu Bildiri Kitabı*, Cilt I, Su Vakfı Yayınları, İstanbul, 16–18 Ekim 2002.

Aksu, C. (2011). *Güney Ege Bölgesi Yenilenebilir Enerji Çalışma Raporu,* Güney Ege Kalkınma Ajansı. Denizli.

Akyüz, M. K. (2018). Havalimanlarında Sürdürülebilir Enerji Yönetim Modeli, (Yayınlanmamış Doktora Tezi), Eskişehir Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.

Ataman, A.R. (2007). Türkiye’de Yenilenebilir Enerji Kaynakları, (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi), Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara.

Ateş, Z. (2011, Ağustos). Küresel Enerji Sisteminde Köklü Dönüşüm İhtiyacı, *Uluslararası Ekonomik Sorunlar,* s.43-70.

Aydıncak K. (2012). Hidrotermal Karbonizasyon Yöntemiyle Gerçek Ve Model Biyokütlelerden Karbon Nanoküre Sentezi ve Karakterizasyonu, (Yüksek Lisans Tezi), Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Baş, K. (2018). Türkiye’de Sürdürülebilir Enerji Ve Kooperatiflerin Rolü, (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi), Trakya Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Edirne.

Chiu, C. L. ve Chang, T.H. (2009). What Proportion of Renewable Energy Supplies is Needed To Initially Mitigate CO2 Emissions in OECD Member Countries?, *Renewable and Sustainable Energy Reviews,* 13.

Çavaş, M. (2017) Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Önemi, Avantajları, Ekonomik Ve Doğal Çevre Üzerindeki Etkileri, *International Congress on Vocational and Technical Sciences (UMTEB-I)* / April, Batumi/GEORGIA, s.144.

Demirtaş, S. (2010). *Avrupa Birliği ve Türkiye’de Yenilenebilir Enerji Kaynakları ve Bunlardan Biyokütlenin Önemi,* 46. Dönem AB Temel Eğitim Kursu, Orman Genel Müdürlüğü. Ankara.

Devlet Planlama Teşkilatı (DPT). (2001). *Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı Elektrik Enerjisi* *Özel İhtisas Komisyonu Raporu,* Ankara, DPT: 2569 – ÖİK: 585.

Dinçer, İ. (2018), Güneş Enerjileri Raporu, *TÜBA (Türkiye Bilimler Akademisi) Dergisi,* Ankara.

Dinçer, M.Z. ve Aslan, Ö. (2008), *Sürdürülebilir Kalkınma, Yenilenebilir Enerji Kaynakları ve Hidrojen Enerjisi: Türkiye Değerlendirmesi*, İstanbul Ticaret Odası Yayınları, İstanbul.

Doğan, S. (2019). Yenilenebilir Enerji Kaynakları Açısından Jeotermal Enerji ve İstihdam Yaratma Potansiyelinin Değerlendirmesi: Aydın İli Örneği, (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi), Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Aydın.

Ediger, V. (2009). Türkiye’nin Sürdürülebilir Enerji Gelişimi, *TÜBA Dergisi,* Ankara.

Ercümen, M. A. (2016). *Dünyanın Enerji Görümü,* <https://insamer.com/tr/dunyanin-enerji-gorunumu_388.html> (Erişim Tarihi: 11.09.2021).

Ergin, M. N. (2020). Enerji Arz Güvenliği Kapsamında Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Önemi ve Sürdürülebilir Enerji Politikaları, (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi), Eskişehir Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Eskişehir.

ETKB (2016). *Sektör Raporları.* http://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sektor-Raporlari (Erişim Tarihi: 11.09.2021).

Gedik, Ö.T. (2015). Türkiye’de Yenilenebilir Enerji Kaynakları ve Çevresel Etkileri. (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Gökdayı, İ. (2021). Yeşil Girişimcilik ve Yeşil Katma Değer Oluşturmak, Sürdürülebilirlik İçin Bir Çözüm Olabilir Mi?, *Oğuzhan Sosyal Bilimler Dergisi,* 3(1), 42-51.

Gökkuş, G. (2014). *Rüzgar Enerjisi Üretim Sistemlerinde İzleme ve Hata Kontrol Sistemleri.* (Yüksek Lisans Tezi), Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Gücenme Gençoğlu, Ü. ve Aytaç, A. (2016). Kurumsal Sürdürülebilirlik Açısından Entegre Raporlamanın Önemi ve BIST Uygulamaları, *Muhasebe ve Finansman Dergisi,* 72, 51-66.

Güner, C. (2016). Cari Açık ve İşsizlik Sorununun Alternatif Enerji Kaynakları ile Çözümü: Türkiye Örneği, (Yüksek Lisans Tezi), Cumhuriyet Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Sivas.

Hayrullahoğlu B. (2012), Çevresel Sorunlarla Mücadelede Karbon Vergisi, *Ekonomi Bilimleri Dergisi,* 4(2), 2-11.

IEA (International Energy Agency). (2017). *World Energy Outlook,* Washington.

İnan, İ., Akbulut, İ. ve Aslan, E. (2018). Enerji Sorununun Çözümünde Yenilenemez ve Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Yeri ve Önemi, *Türk Dünyası Araştırmaları,* 120(237), 11-40.

İstanbul Sanayi Odası (İSO). (2021). AB Yeşil Mutabakatı Nedir?, İSO, <https://www.iso.org.tr/surdurulebilirlik/AB-yesil-mutabakati.html> (Erişim Tarihi: 19.09.2021).

İşeri, E. ve Özen, C. (2013). Türkiye'de Sürdürülebilir Enerji Politikaları Kapsamında Nükleer Enerjinin Konumu, *İstanbul Üniversitesi Siyasal Bilgiler Fakültesi Dergisi,* 47, 161-180.

İzmir Ticaret Odası (İTO). (2021, Mart). Avrupa Yeşil Mutabakatı (Haz. S. Ş. Keleş), İTO, İş Geliştirme Müdürlüğü.

Kar, M. ve Kınık, E. (2008), Türkiye’de Elektrik Tüketimi Çeşitleri ve Ekonomik Büyüme Arasındaki İlişkinin Ekonometrik Bir Analizi, *Afyon Kocatepe Üniversitesi, İ.İ.B.F. Dergisi,* X(2), ss.333-353.

Karagüç, B. (2013). Balıkesir İlinde Jeotermal Enerji Potansiyeli ve Ekonomik Etkileri, (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi), Balıkesir Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Balıkesir.

Kaysı, İ. (2019). Sürdürülebilir Enerji Politikaları ve Ekonomiye Etkileri: Türkiye Örneği, (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi), Trakya Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Edirne.

Kocmanova, A. and Hřebíček, J. (2011). Corporate Governance and Sustainability, *Economics and Management,* 16, 543-550.

Konyalı, İ. (2019). Türkiye İçin Mevcut Enerji Üretimine Alternatif Yenilenebilir ve Sürdürülebilir Enerji Kaynaklarının Seçimi, (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi), Hacettepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara.

Kumbur, H., Özer, Z., Özsoy, D. H. ve Avcı, E. D. (2005). Türkiye’de Geleneksel ve Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Potansiyeli ve Çevresel Etkilerinin Karşılaştırılması, *III. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu ve Sergisi.* Mersin.

Küresel Elektrik Raporu. (2021, Mart). Türkiye’nin Kömürden Elektrik Üretimi Art Arda İki Yıldır Düşüşte (Yaz. S. Brown), [www.ember-climate.org/global-electricity-review-2021](http://www.ember-climate.org/global-electricity-review-2021) (Erişim Tarihi: 11.09.2021).

Mutlu, E. (2013). Türkiye’de Yenilenebilir Enerji Ekonomisi ve Ankara İline Ait Swot Analizler. (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi), İstanbul Kültür Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.

Öner, U. (2007). Türkiye’nin Alternatif Enerji Kaynakları ve Bor Madeninin Endüstride Kullanım Alanlarının Araştırılması, (Yüksek Lisans Tezi), İstanbul Ticaret Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Öymen, G. ve Ömeroğlu, M.(2020). Yenilenebilir Enerjinin Sürdürülebilirlik Üzerindeki Rolü, *İstanbul Ticaret Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi,* 39, 1069-1087.

Özhaseki M. (2017). *Çevre ve Şehircilik Bakanı 2018 Yılı Bütçe Sunuşu*, “http://webdosya.csb.gov.tr/db/strateji/editordosya/2018\_CSB\_Butce\_Web.pdf”, Erişim Tarihi: 11.09.2021).

Özkaya M. G., Variyenli, H. İ. ve Uçar, S. (2008). Rüzgâr Enerjisinden Elektrik Enerjisi Üretimi Ve Kayseri İli İçin Çevresel Etkilerinin Değerlendirilmesi. *Cumhuriyet Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Fen Bilimleri Dergisi,* 29(1), 1-20.

Öztürk, H. (2008). Yenilenebilir Enerji Kaynakları ve Kullanımı. Ankara: Teknik Yayınevi.

Sağlam, M. ve Uyar, T. S. (2005). Dalga Enerjisi ve Türkiye’nin Dalga Enerjisi Teknik Potansiyeli, *III. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu,* Mersin, Türkiye, 19-21 Ekim 2005, (s. 1-5).

Şen, Z. (2009). *Temiz Enerji Kaynakları.* İstanbul, Su Vakfı Yayınları.

Tekno Tasarım. (2021). *Hidroelektrik ve Enerji Türbinleri.* https://www.erbakan.edu.tr/storage/files/department/elektrikelektronikmuhendisligi/Editor/DERS/YElkEnrUrt/Hidroelektrik\_Enerji\_T%C3%BCrbinleri.pdf (Erişim Tarihi: 11.09.2021).

Tsoutsos, T. vd. (2005). Environmental Impacts From The Solar Energy Technologies, *Energy Policy,* 33, 289-296.

Turan, S. (2017), *İşini Güneşe Dön Projesi,* Yeşil Düşünce Derneği, İstanbul.

Türkiye Cumhuriyeti Avrupa Birliği Bakanlığı. (2020). *Avrupa Birliği Sürecinde Enerji Faslı,* T.C. Avrupa Birliği Bakanlığı, Ankara.

Türkiye Cumhuriyeti Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı. (2021). *Enerji,* https://enerji.gov.tr/enerji (Erişim Tarihi: 11.19.2021).

TÜSİAD. (2018). *Sürdürülebilir Gelecek İçin Sürdürülebilir Enerji: Kısa ve Orta Vadeli Öneriler* (Ed. B. Ş. Güray, N. Numanoğlu ve C. Üttü), İstanbul, TÜSİAD Yayınları.

Uğurlu, Ö. (2006). Türkiye’de Çevresel Güvenlik Bağlamında Sürdürülebilir Enerji Politikaları, (Yayınlanmamış Doktora Tezi), Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara.

Uludağ, A. S. ve Doğan, H. (2018). Sürdürülebilir Enerji Odaklı Bir Etkinlik ve Performans Analizi: AB Üyesi Ülkeler İle Türkiye Karşılaştırması, *IV. Internatıonal Caucasus-Central Asıa Foreıgn Trade And Logıstıcs Congress,* 7-8 Eylül 2018, (336-348), Aydın.

Uyar, N. (2016), Sürdürülebilir Enerji Açığı ve Türkiye Örneği, (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi), Uludağ Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Bursa.

Ültanır, M.Ö. (1996, Mart). 21. Yüzyılın Eşiğinde Güneş Enerjisi, *Bilim ve Teknik,* 340, 50-55.

Varınca, K. B. ve Varank, G. (2005). Güneş Kaynaklı Farklı Enerji Üretim Sistemlerinde Çevresel Etkilerin Kıyaslanması ve Çözüm Önerileri, *Güneş Enerjisi Sistemleri Sempozyumu ve Sergisi,* İçel, 24–25 Haziran 2005.

Wiersum, K. F. (1995). 200 Years of Sustainability In Forestry: Lessons From History. *Environmental Management,* 19(3), p. 321-329.

World Energy Council. (2021, Ocak). *2020 Yenilenebilir Enerji Raporu,* Dünya Enerji Konseyi Türkiye.

Yapar, M. (2014). Türkiye’de İktisat Politikaları Çerçevesinde Rüzgar Enerjisi Politikalarının Etkinliğinin Analizi: Bir Uygulama. (Yüksek Lisans Tezi), İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.

Yüksel, S. ve Topçu, Y. (2019). Hidrojen Depolama Teknolojilerinin Değerlendirilmesi, *Kimya Sanayiinde Proses İyileştirme ve Yenilikçi Yaklaşımlar Sempozyumu ve Sergisi,* Samsun, Türkiye, 24-25 Ekim 2019.