

Türkiye'de Yenilenebilir Enerjiye Genel Bakış

Hazal Özgen¹

¹Yıldırım Beyazıt Üniversitesi, Ankara /TÜRKİYE (hzlozgen@hotmail.com)

1. Giriş

Enerji, bir ülkenin ekonomik kalkınması ve sürdürülebilirliği için kritik bir faktördür. Türkiye, yenilenebilir enerji alanında önemli adımlar atan ve bu konuda hızla gelişen bir ülkedir. 2024 itibarıyla, Türkiye'nin toplam enerji üretim kapasitesinin yaklaşık %55'i yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilmektedir. Bu oran içinde, hidroelektrik santralleri hala en büyük payı alırken, güneş ve rüzgâr enerjisi gibi yeni nesil yenilenebilir enerji kaynakları hızla büyümeye devam etmektedir. Yenilenebilir enerji, Türkiye'nin enerji politikalarının merkezinde yer almakta ve ülkenin enerji bağımsızlığını sağlamak için önemli bir strateji olarak değerlendirilmektedir. Güneş ve rüzgâr enerjisi, Türkiye'nin yenilenebilir enerji kaynakları arasında en büyük potansiyele sahip kaynaklardan ikisidir.

Güneş enerjisi, Türkiye'nin yüksek güneşlenme süresi nedeniyle büyük bir potansiyele sahiptir. Aynı şekilde, Türkiye'nin geniş sahil şeridi ve yüksek rüzgâr hızları, rüzgâr enerjisi üretimi için ideal koşullar sunmaktadır. Güneş ve rüzgâr enerjisinin Türkiye'nin enerji arz güvenliğini sağlama, karbon ayak izini azaltma ve ekonomik kalkınmayı destekleme gibi kritik avantajları vardır.

2. Türkiye'nin Enerji Karmasında Güneş ve Rüzgar Enerjisinin Önemi

2.1. Güneş Enerjisindeki Teknolojik Gelişmeler

2.1.1. Türkiye'de Fotovoltaik (PV) Teknolojilerinin Evrimi

Türkiye 2020'lerin başından itibaren, ülkede kurulu güneş enerjisi kapasitesi önemli ölçüde artmış ve fotovoltaik (PV) teknolojilerinin benimsenmesi hız kazanmıştır. Bu gelişmeler, düşük maliyetli PV modüllerinin kullanımı, yerel üretim kapasitelerinin artması ve yenilikçi malzemelerin kullanımına dayanıyor. çift yüzü (bifacial) paneller gibi yeni nesil PV teknolojileri, Türkiye'deki güneş enerjisi projelerinde giderek daha fazla tercih edilmektedir.

2.1.2. Güneş Paneli Verimliliğinde Yenilikler

Güneş paneli teknolojisinde, son yıllarda malzeme ve tasarım alanlarında kaydedilen ilerlemeler, verimlilikte önemli artışlar sağlamıştır. Perovskit güneş hücreleri, geleneksel silikon tabanlı hücrelere kıyasla daha yüksek verimlilik potansiyeline sahip olup, özellikle düşük ışık koşullarında daha iyi performans gösterebilmektedir. Aynı zamanda çift yüzeyli paneller, hem doğrudan güneş ışığını hem de zeminden yansıyan ışığı kullanarak daha fazla enerji üretir.

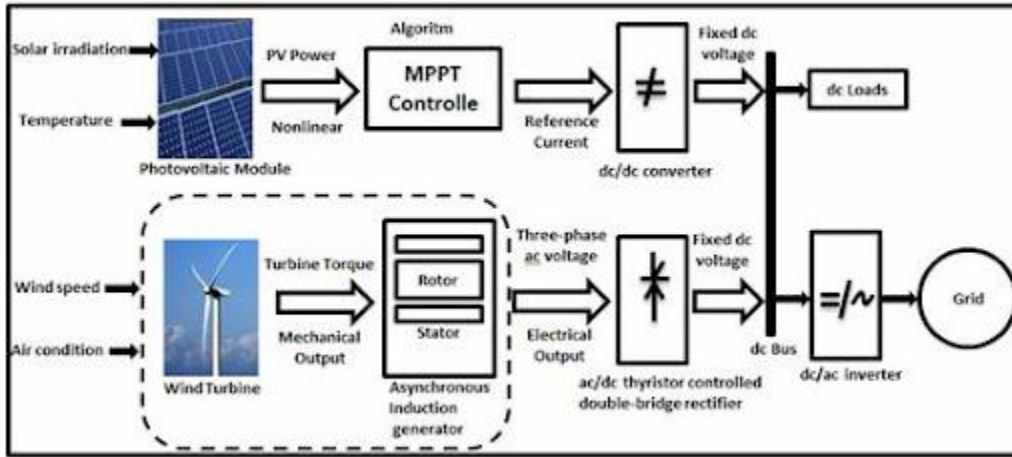
2.1.3. Yeni Gelişen Güneş Enerjisi Depolama Çözümleri

Yenilenebilir enerji kaynakları olan güneş enerjisinin doğasındaki süreklilik eksikliği, güvenilir enerji depolama sistemlerinin önemini artırıyor. Türkiye'de, lityum iyon bataryalar gibi geleneksel batarya teknolojilerinin yanı sıra, katı hal bataryalar ve akış bataryaları gibi yeni nesil depolama teknolojileri üzerinde çalışmalar yapılmaktadır. Ayrıca, hibrit enerji sistemleri ve mikro şebeke uygulamaları, depolama kapasitesini optimize ederek daha verimli enerji kullanımı sağlamaktadır.

2.1.4.Güneş Enerjisi ile Akıllı Şebeke Entegrasyonu

Akıllı şebeke, elektrik akışını takip etmek, kontrol etmek ve optimize etmek için dijital teknolojiyi kullanan gelişmiş bir elektrik şebekesini ifade ediyor. Güneş enerjisinin akıllı bir şebeke sistemine entegre edilmesi, çatıdaki güneş enerjisi panelleri ve merkezi güneş enerjisi çiftliklerinden üretilen gücün son derece kusursuz bir entegrasyonunu mümkün kılıyor. Bu entegrasyon modeli, verimli ve sürdürülebilir bir enerji geleceğinin önünü açıyor ve bazı avantajları beraberinde getiriyor:

- Güç dağıtımını optimize ediyor ve elektrik kesintilerini ve kesinti süresini azaltıyor
- Güneş enerjisi üretimi, standart elektrik maliyetlerini dengeliyor ve uzun vadeli tasarruf sunuyor.
- Şebeke arızaları ya da kesintilerine hızlı müdahale ve tespit sağlıyor.
- Talep dalgalanmalarına göre gücü tekrardan dağıtarak, etkili yük dengelemeyi kolay hale dönüştürüyor.
- Depo edilen enerji , talebin yoğunlaştığı zamanlarda ya da güneş enerjisi üretimin yetersiz olduğu hallerde kullanılıyor.



Sekil 1 ; Smart Grid Integration of Solar / Wind Energy Conversion System.

2.2.Rüzgar Enerjisindeki Teknolojik Gelişmeler

2.2.1.Türkiye'de Rüzgar Türbini Teknolojilerinin Gelişimi

Rüzgar, pervanelerin dönmesini ve jeneratörlerin elektrik üretmesini sağlar. Pervanelerin boyutu rüzgarın hızına, gücüne ve yönüne göre uygun olacak şekilde ayarlanır. Son yıllarda yapılan araştırmalar ve teknolojik gelişmeler sayesinde rüzgar türbinleri daha yüksek verimlilik ömür sağlarken daha az bakım gerektirecek şekilde tasarlanmaktadır. Bu gelişmeler, daha verimli, daha güvenilir ve daha ucuz rüzgar türbinleri üretilmesine olanak sağlamaktadır.

Kanat Tasarımı ve Malzemelerinde İyileştirmeler

Rüzgar türbini kanatlarının tasarımı ve malzeme iyileştirmeleri, kanatların performansını artırmak ve maliyetleri düşürmek amacıyla yapılmaktadır. Kanat malzemelerinde kullanılan kompozit malzemelerin dayanıklılığı, hafifliği ve uzun ömürlü olması için çeşitli çalışmalar yürütülmektedir. Kanatlarda en çok kullanılan malzemeler arasında fiber takviyeli plastikler (FRP) bulunmakta olup, bu malzemeler yüksek mukavemet ve sertlik özelliklerine sahip olması

nedeniyle tercih edilmektedir. Takviye elemanları olarak cam fiber, karbon fiber ve aramid fiberler kullanılırken, matris malzemesi olarak polyester, vinilester ve epoksi reçineler seçilmektedir. Ayrıca, kompozit malzemelerin çevresel faktörlere dayanıklılığı, geri dönüştürülebilirlik ve mühendislik tasarımları açısından iyileştirilmesi üzerine de çalışmalar yapılmaktadır. Bu iyileştirme çalışmaları, türbin kanatlarının daha uzun ömürlü ve verimli olmasını sağlamak ve enerji sektöründe önemli bir gelişim göstermektedir.

2.2.2.Rüzgar Enerjisi Depolama ve Dağıtımındaki Yenilikler

Rüzgar enerjisinin depolama ve dağıtımındaki yenilikler, enerji arz-talep dağılımı ve şebeke kararlılığını sağlamak için enerji depolama enerjilerinin dağıtımı üzerinde yoğunlaşmaktadır. Bu sistemler, başlangıçta enerji tüketimini karşılamak, frekans kontrolünü sağlamak, ayrı enerji üretim tahmin hatalarını en aza indirmek ve enerjiyi bölgesel olarak artırmak için kullanılır. Özellikle pil teknolojilerindeki gelişmelerin ve maliyetlerin azalması, bu sistemlerin gelecekte daha yaygın ve ekonomik olarak kullanılabilir olmasını sağlamaktadır. Depolamada kullanılan yöntemlerden bazıları hava torbalarıdır. İskoçya'da su altında bulunan hava torbaları, 600 metre derinlikte ve 20 metreye kadar uzanmaktadır. 700 MWh'a kadar enerji depolama kapasitesi bulunmaktadır. Üretilen fazla enerji bu torbalar içerisinde saklanarak, ilerleyen dönemlerde elektrik üretimi kullanılmaktadır.

Açık Deniz (Offshore) Rüzgar Enerjisi Potansiyeli ve Teknolojik Zorluklar

Türkiye, açık deniz (offshore) rüzgar enerjisi potansiyelini değerlendirmekte ve bu alanda çeşitli fizibilite çalışmaları yürütmektedir. Karadeniz ve Ege Denizi, Türkiye'nin offshore rüzgar projeleri için uygun bölgeler olarak öne çıkmaktadır. Offshore rüzgar türbinleri, daha sabit ve güçlü rüzgar koşullarına erişim sağladığı için daha yüksek enerji üretimi potansiyeline sahiptir. Ancak, bu tür projeler yüksek maliyetli ve teknik olarak daha zordur. Deniz tabanına montaj, türbinlerin deniz suyuna karşı dayanıklılığı, kablo altyapısının kurulumu ve bakım zorlukları, offshore projelerin karşılaştığı temel sorunlar arasındadır. Ayrıca, bu tür projelerde lojistik ve ulaşım maliyetleri de kara projelerine kıyasla daha yüksektir.

3.Karşılaştırmalı Analiz: Güneş ve Rüzgâr Enerjisi Teknolojileri 3.1.Verimlilik ve Maliyet

Etkinliği:

Türkiye'de güneş ve rüzgâr enerjisi yatırımları arasında farklar vardır:

- **Yatırım Süreci ve Başlangıç:** Türkiye, rüzgâr enerjisi yatırımlarına daha erken başlamış ve bu alanda daha fazla ilerleme kaydetmiştir. Güneş enerjisi ise son yıllarda hız kazanmıştır.
- **Kapasite Faktörü:** Rüzgâr santralleri ortalama %30 kapasite faktörüyle çalışırken, güneş santralleri %20'de kalmaktadır. Bu da rüzgârın daha verimli enerji üretebilmesine yol açar.
- **Kesinti ve Şebeke Bağlantıları:** Güneş enerjisi gece üretim yapamaz, bu yüzden sürekli enerji sağlamak için diğer kaynaklarla desteklenmesi gerekir. Depolama teknolojileri bu sorunu çözebilir. Güneş ve rüzgâr enerjisi teknolojilerinin verimlilik ve maliyet etkinliği açısından karşılaştırması, her iki kaynağın da avantaj ve dezavantajlarını ortaya koymaktadır. Güneş enerjisi sistemleri, yüksek kurulum maliyetine rağmen, Türkiye'nin güneşli bölgelerinde yüksek verimlilik sağlar. Rüzgar enerjisi ise düşük kurulum maliyeti ve bazı bölgelerdeki sürekli enerji üretim kapasitesi ile öne çıkar.(Özellikle Ege, Marmara, ve Akdeniz bölgeleri, rüzgar hızları ve süreklilikleri bakımından dikkat çekmektedir)
- **Maliyet Avantajı:** Güneş enerjisinin maliyeti mega watt saat başına 24 dolarla en düşük seviyededir, bu da uzun vadede ekonomik olarak avantajlı olmasını sağlar.

- **Gelecek Hedefleri:** 2035 yılına kadar güneş enerjisinin kurulu gücü 52.9 GW'a çıkarılacak, rüzgârın ise 29.6 GW'a ulaşması planlanmaktadır.
- **Entegrasyon ve Verimlilik:** Güneş enerjisinin tarım ve bina gibi alanlara entegrasyonu hem enerji üretimini hem de verimliliği artırarak maliyetleri düşürebilir. Sonuç olarak, güneş enerjisi ekonomik avantajlara sahip olsa da, teknik zorluklar ve kapasite faktörü nedeniyle rüzgar enerjisinin gerisinde kalmıştır. Ancak depolama çözümleri ve entegrasyon projeleriyle güneş enerjisi hızla büyüyebilir.

Kriter	Güneş Enerjisi	Rüzgâr Enerjisi
Yatırım Süreci	Son yıllarda hızlı bir büyüme, daha geç başladı	Daha erken başladı, daha ileri düzeyde gelişmiş
Kapasite Faktörü	%20	%30
Enerji Sürekliliği	Gündüzle sınırlıdır, kesintisiz enerji için depolamaya bağlıdır	Uygun bölgelerde sürekli enerji üretimi
Maliyet Etkinliği	MWh başına 24 USD, uzun vadede ekonomik avantaj sağlar	Düşük kurulum maliyeti, bazı bölgelerde sürekli üretim
Verimli Bölgeler	Türkiye'nin güneşli bölgelerinde yüksek verimlilik	Ege, Marmara ve Akdeniz bölgelerinde yüksek verimlilik
2035 Hedefleri	52.9 GW	29.6 GW
Entegrasyon Potansiyeli	Tarım ve binalarla entegre edilerek verimlilik artırılabilir	Sadece uygun alanlardaki büyük rüzgar çiftlikleriyle sınırlıdır

3.2.Çevresel Etki ve Sürdürülebilirlik

3.2.1 Güneş Enerjisi

Güneş enerjisi, düşük karbon emisyonu ile çevre dostu bir enerji kaynağıdır. Güneş panellerinin üretim sürecinde bazı çevresel etkiler (örneğin, ağır metal kullanımı ve atık üretimi) bulunmasına rağmen, kullanım ömrü boyunca sıfır emisyon üretir. Bununla birlikte, güneş panellerinin geri dönüşümü ve atık yönetimi konuları, çevresel sürdürülebilirlik açısından dikkat edilmesi gereken konulardır.

Rüzgâr Enerjisi: Rüzgar enerjisi, karbon emisyonlarını önemli ölçüde azaltır ve uzun vadede çevresel sürdürülebilirlik sağlar. Ancak, rüzgâr türbinleri genellikle büyük arazi veya açık deniz alanlarına ihtiyaç duyar ve bu da bazı çevresel etkileri beraberinde getirir. Türbinlerin üretimi ve kurulumunda malzeme kullanımı ve nakliye bazı çevresel ayak izlerine yol açabilir. Ayrıca, türbin kanatlarının geri dönüşümü zor olabilmektedir.

3.2.2 Teknolojik Sinerji Potansiyeli

Güneş ve rüzgar enerjisi, birbirini tamamlayan özellikleriyle birlikte kullanıldığında, enerji üretiminde süreklilik ve verimlilik sağlar. Güneş enerjisi genellikle gündüz ve yaz aylarında en yüksek üretimi sağlarken, rüzgar enerjisi gece ve kış aylarında daha verimlidir. Bu kombinasyon, enerji arzında kesintisiz bir denge yaratır.

3.2.3 Hibrit Enerji Sistemleri

Güneş ve rüzgar enerjisi hibrit sistemler ile birleştirildiğinde, daha güvenilir ve sürekli enerji üretimi sağlanır. Bu sistemler, enerji talebindeki dalgalanmaları dengeler ve maliyetleri optimize eder.

3.2.4 Enerji Depolama ve Akıllı Şebeke Entegrasyonu

Depolama teknolojileri (lityum-iyon bataryalar gibi) ve akıllı şebeke çözümleri, her iki enerji kaynağının verimliliğini artırır. Depolanan enerji, üretimin yetersiz olduğu dönemlerde kullanılabilir, böylece maliyetler azalır ve enerji güvenliği sağlanır.

3.2.5 Ortak Altyapı Kullanımı

Güneş ve rüzgar enerjisi santralleri, ortak altyapı kullanarak (örneğin, iletim hatları ve bakım ekipmanları) maliyetleri düşürebilir ve doğal kaynakları daha verimli kullanabilir.

4.Teknolojik Yeniliklerin Önündeki Zorluklar ve Engeller

4.1.Düzenleyici ve Politik Zorluklar

Türkiye'de yenilenebilir enerji sektörünün karşılaştığı en büyük zorluklardan biri, düzenleyici ve politik belirsizliklerdir. Sık sık değişen mevzuat ve düzenlemeler, enerji projelerinin planlanması ve uygulanmasında gecikmelere ve ek maliyetlere neden olabilir. Enerji sektöründe, özellikle rüzgar ve güneş enerjisi projelerinin izin süreçleri uzun ve karmaşık olabilmektedir. Yerel ve ulusal düzenleyici kurumlar arasındaki koordinasyon eksikliği ve değişken politik yaklaşımlar, sektörde belirsizliğe yol açabilir ve yatırımcı güvenini zayıflatabilir.

4.2.Finansal ve Ekonomik Sınırlamalar

Yenilenebilir enerji projelerinin finansmanı, özellikle gelişen türden büyük bir güçlük teşkil eder. Türkiye'de, güneş ve rüzgar enerji projeleri için yeterli yeterlilikte sınırlamalar mevcuttur. Yüksek ilk yatırım maliyetleri, enerjinin yenilenmesi ve modernizasyonu için gerekli fonların sınırlı olması, uygulamaların hayattaki dağılımını zorlaştırmaktadır. Ayrıca, finansal erişimdeki zorluklar, yüksek faiz oranları ve döviz kurlarındaki dalgalanmalar gibi ekonomik faktörler, varlıkların risk algısını artırmaktadır.

4.3.Teknolojik Benimseme ve Ölçeklendirme Sorunları:

Türkiye’de yenilenebilir enerji teknolojilerinin benimsenmesi ve ölçeklendirilmesi sürecinde çeşitli zorluklar yaşanmaktadır. Bu zorluklar arasında, mevcut altyapının modernize edilmesi, yeni teknolojilerin benimsenmesi ve entegrasyonu ile ilgili sorunlar yer alır. Özellikle akıllı şebeke sistemlerinin entegrasyonu ve enerji depolama teknolojilerinin yeterince gelişmemiş olması, yenilenebilir enerji kaynaklarının daha geniş çapta kullanılmasını sınırlamaktadır. Ayrıca, yerli teknolojilerin geliştirilmesi ve inovasyonun desteklenmesi için gerekli olan araştırma ve geliştirme (Ar-Ge) faaliyetlerine yeterli yatırım yapılmaması da büyük bir engel teşkil etmektedir.

4.4. Gelecek Yönelimler ve Fırsatlar

4.4.1. Güneş ve Rüzgar Enerjisinde Teknolojik Yenilik Potansiyeli

Güneş ve rüzgar enerjisi, temiz ve sürdürülebilir enerji kaynakları olarak büyük bir potansiyele sahiptir ve teknolojik yeniliklerle sürekli olarak gelişmektedir. Bu

yenilikler, enerji üretim maliyetlerini düşürme, verimliliği artırma ve enerji sistemlerini daha esnek hale getirme açısından önemlidir.

Mesela ;

Yüksek Verimli Güneş Panelleri: Perovskit ve çift yüzölçü güneş hücreleri gibi yeni malzemeler ve tasarımlar, güneş enerjisi üretim verimliliğini artırıyor. Gelişmiş Enerji

Depolama: Lityum-iyon piller, yeni nesil bataryalar (sodyum-iyon, katı hal) ve hidrojen depolama, yenilenebilir enerjinin kesintisiz kullanılmasını sağlıyor.

Akıllı Şebekeler ve Dijital Teknolojiler: Akıllı şebekeler, IoT ve yapay zeka kullanımı, enerji yönetimini optimize ederken blockchain teknolojisi güvenli enerji ticaretine

imkan tanıyor. İleri Rüzgar Türbinleri: Yüzer türbinler, dikey eksenli türbinler ve daha büyük türbin kanatları, rüzgar enerjisinin verimliliğini ve kullanım alanını genişletiyor.

Yeni Malzemeler ve Kaplamalar: Nanoteknoloji ve dayanıklı malzemeler, enerji ekipmanlarının ömrünü ve verimliliğini artırıyor.

Mikrogrid ve Dağıtık Enerji Sistemleri: Yerel enerji üretim ve depolama çözümleri, enerji güvenliğini ve sürdürülebilirliği destekliyor.

4.4.2. Verimliliği Artırmada Ar-Ge'nin Rolü

Ar-Ge faaliyetleri, yenilenebilir enerji üretiminde verimliliği artırmada önemli bir rol oynamaktadır. Araştırmalara göre, enerji Ar-Ge harcamalarındaki %1'lik bir artış, yenilenebilir enerji üretimini %0.23 oranında artırırken, inovasyonun göstergesi olan patent başvurularındaki %1'lik artış ise üretimi %0.42 oranında artırmaktadır. Bu durum, Ar-Ge ve inovasyon çalışmalarının yenilenebilir enerji üretim maliyetlerini düşürerek ve teknolojik bilgi birikimini geliştirerek enerji verimliliğini ve performansını artırmada kritik bir katkı sağladığını göstermektedir. Ayrıca yeni batarya teknolojileri ve hibrit enerji depolama sistemleri, enerji arz-talep dengesinin sağlanmasında ve enerjinin verimli kullanılmasında kilit rol oynamaktadır.

4.4.3. Stratejik Ortaklıklar ve Uluslararası İşbirlikleri

Türkiye, enerji stratejisini güçlendirmek ve enerji arz güvenliğini sağlamak amacıyla, stratejik ortaklıklar ve uluslararası işbirliklerine büyük önem vermektedir. Türkiye, enerji talebini karşılamakta büyük ölçüde dışa bağımlı olduğu için, petrol ve doğalgaz tedarikinde güzergâh ve kaynak çeşitlendirmesine odaklanarak, bölgesel ve küresel enerji güvenliğine katkıda bulunmayı hedeflemektedir. Bu doğrultuda, Türkiye, bölgedeki enerji arz güvenliğini artırmak ve bölgesel bir enerji ticaret merkezi olmak için, çevre ülkelerle enerji işbirliğini geliştirmekte ve yeni enerji projeleri için stratejik ortaklıklar kurmaktadır. Ayrıca, yenilenebilir enerji kaynaklarının geliştirilmesi ve enerji sepetine nükleer enerjinin eklenmesi gibi stratejik hedefler doğrultusunda, Türkiye, uluslararası finans kuruluşları, enerji şirketleri ve devletlerle çeşitli ortaklıklar yapmaktadır. Bu çabalar, Türkiye'nin enerji piyasasında daha sürdürülebilir ve bağımsız bir konuma gelmesini desteklemektedir.

5.Temel Bulguların Özeti ve Türkiye'nin Enerji Geleceği İçin Çıkarımlar

Türkiye, yenilenebilir enerji sektöründe önemli bir büyüme potansiyeline sahip olup, güneş ve rüzgar enerjisinde son yıllarda dikkate değer ilerlemeler kaydetmiştir. 2024 itibarıyla, toplam enerji üretiminin %55'i yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilmektedir. Güneş enerjisi, Türkiye'nin yüksek güneşlenme süresi avantajından faydalanırken, rüzgar enerjisi ise ülkenin geniş sahil şeridi ve yüksek rüzgar hızları sayesinde hızla büyümektedir. Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını artırma hedefi doğrultusunda, enerji depolama ve akıllı şebeke entegrasyonu gibi teknolojik yenilikler ön plana çıkmaktadır. Ancak, sektör düzenleyici ve finansal zorluklarla karşı karşıya kalmakta ve Ar-Ge yatırımlarının artırılması, altyapının modernizasyonu gibi konular kritik önem taşımaktadır.

6.Türkiye'nin Güneş ve Rüzgâr Enerjisi Sektörlerinde Verimliliği ve Sürdürülebilirliği Artırmak için Öneriler

- **Ar-Ge ve İnovasyon Yatırımlarının Artırılması:** Güneş ve rüzgar enerjisi alanında maliyetleri düşürmek ve verimliliği artırmak için yenilikçi Ar-Ge çalışmaları desteklenmelidir.
- **Düzenleyici Çerçevenin Güçlendirilmesi:** Yenilenebilir enerji projelerinin hızlandırılması için daha istikrarlı ve destekleyici bir düzenleyici ortam oluşturulmalı, yatırımcı güvenini artıracak düzenlemeler yapılmalıdır.
- **Enerji Depolama ve Akıllı Şebeke Uygulamalarının Yaygınlaştırılması:** Yenilenebilir enerji kaynaklarının sürekli ve güvenilir kullanımını sağlamak amacıyla enerji depolama çözümleri ve akıllı şebeke teknolojilerinin kullanımı artırılmalıdır.
- **Uluslararası İşbirliklerinin Geliştirilmesi:**

Türkiye'nin enerji arz güvenliğini artırmak ve enerji ticaretinde önemli bir merkez haline gelmek için bölgesel ve uluslararası ortaklıklar güçlendirilmelidir. Türkiye'nin enerji geleceği, yenilenebilir enerji kaynaklarının etkin kullanımına ve enerji altyapısının modernizasyonuna dayalı stratejik bir yaklaşıma bağlıdır. Bu çerçevede, güneş ve rüzgâr enerjisindeki yeniliklerin desteklenmesi, enerji depolama ve akıllı şebeke çözümlerinin entegrasyonu, uluslararası işbirliklerinin güçlendirilmesi ve düzenleyici ortamın iyileştirilmesi, Türkiye'yi sürdürülebilir ve bağımsız bir enerji geleceğine taşıyacaktır ve maddi manevi destek sağlayacaktır.

KAYNAKÇA

- <https://www.aydemenerji.com.tr/blog/166/turkiye-de-ruzgar-enerjisi/>
- <https://btu.edu.tr/tr/haber/detay/5688/g%C3%BCne%C5%9F-enerjisi-%C3%BCretiminde-verimlili%C4%9Fi-art%C4%B1racak-yenilik-perovskit>
- <https://enerjirehberi.com.tr/2024/08/23/enerji-depolama-cozumleri-turkiyenin-gundeminde/>
- [https://ybu.edu-my.sharepoint.com/personal/20050211039_ybu_edu_tr/Documents/85654f51-d451-4111-9080-5726573fb593%20\(1\).docx](https://ybu.edu-my.sharepoint.com/personal/20050211039_ybu_edu_tr/Documents/85654f51-d451-4111-9080-5726573fb593%20(1).docx)
- <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/428932>
- Türkiye’de Rüzgar Enerjisi ve Rüzgar Enerji Sistemlerinin Gelişimi Zeynep İLKILIÇ
Fırat Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Mekatronik Mühendisliği Bölümü, Elazığ
- Yaşam Bilimleri Dergisi; Cilt 6 Sayı 2/2 (2016)
- Kompozit Rüzgâr Türbin Kanatlarının Yorulma Ömrüne ve Dayanımına Bağlı Olarak
Malzeme Seçimi ve Gelecek Projeksiyonu- Mühendis ve Makina cilt 59, sayı 690, s. 27-44, 2018
- <https://www.ekolojist.com/enerji/ruzgar-enerjisi-depolanabilir-mi/>
<https://www.bbc.com/turkce/articles/cd1pjvgvx9yo>
- The Effect of R&D and Innovation on Renewable Energy Production: Panel Data
Analysis Doi: 10.29023/alanyaakademik.867232
- https://www.mfa.gov.tr/turkiye_nin-enerji-stratejisi.tr.mfa
- https://enerji.gov.tr/Media/Dizin/EIGM/tr/Raporlar/TUEP/T%C3%BCrkiye_Ulusal_Enerji_Plan%C4%B1.pdf
- <https://enerji.gov.tr/bilgi-merkezi-enerji-gunes>