

# Küresel yenilenebilir enerji trendleri

Güneş ve rüzgâr kaynaklı yenilenebilir enerjinin genel eğilim olmaktan çıkıp tercih edilen teknoloji olmaya doğru yönelimi

## Ali Güleç

Kıdemli Müdür  
Danışmanlık Hizmetleri  
Deloitte Türkiye

Derleyen:

## Mehmet Yusuf Çakmak

Analist  
Danışmanlık Hizmetleri  
Deloitte Türkiye

Yenilenebilir enerjiyi destekleyici gelişmeler ve talep tarafındaki gelişmeler ile birlikte, yenilenebilir enerji gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde geleneksel enerji kaynakları ile yarışabilir ve bu kaynaklar karşısında tercih edilir konuma gelmektedir.

Yenilenebilir enerjinin küresel ölçekte daha yaygın bir şekilde kullanılmasının önündeki engellerin 3 faktörün desteğiyle kalkmaya başladığı gözlemlenmektedir. Bu faktörler; yenilenebilir enerji kaynaklarının fiyat ve performans olarak şebeke ve son kullanım seviyesinde diğer teknolojiler ile denk seviyelere ulaşmış olması, rüzgâr ve güneşin şebeke dengelemesinde uygun maliyetli olarak kullanılabilmesi

ve yeni teknolojilerin rüzgâr ve güneşin rekabetçi yanını geliştirmesiyle yenilenebilir kaynakların geleneksel kaynakları geride bırakması olarak nitelendirilebilir.

Tüketici taleplerinin güvenilir, ucuz ve çevre dostu enerji kaynaklarının kullanımı şeklinde üç hedefte birleştiği gözlemlenmektedir. Bu bağlamda, yenilenebilir kaynaklar, geleneksel kaynaklara göre tüketicilerin taleplerini karşılama açısından daha uyumlu bir profil çizmektedir. Bu talebi yaratan tüketicilerin başında ise, gelişim planlarına yenilenebilir kaynakları dâhil eden akıllı şehirler, şebekeye dâhil olan ve olmayan yerlerde yenilenebilirlerin faydalarını



insanlara sunabilen belli grupların bir araya gelmesiyle oluşturulan topluluk enerji projeleri, yenilenebilirlerin yaygınlaşmasında öncülük eden gelişen piyasalar ve güneş ve rüzgâr kaynaklarını kullanarak yenilenebilir enerji tedariklerini arttıran şirketler gelmektedir. Teknolojik yenilikler, yenilenebilir kaynaklara bağlı maliyetlerin azalmasına katkı sağlamakta ve yenilenebilirlerin şebekelerle uyumunu arttırmaktadır. Bu alanda yaşanan gelişmeler tüketicilerin, yenilenebilir enerji kaynaklarını tercih etmesine sebep olmakta ve bu sayede dünyada yenilenebilir enerjiye geçiş sürecini hızlandırmaktadır.

### Destekleyici Unsurlar (Enablers)

Uzun süredir yenilenebilir enerjinin yaygınlaşmasını engelleyen unsurlar şebeke eşitliği<sup>1</sup>, uygun maliyetli ve güvenilir şebeke uyumu ve teknolojik yeniliklerle ortadan kalkmaktadır. Niş piyasalara açılımının yüksek maliyetli olduğu göz ardı edilirse, güneş ve rüzgâr gelişen performansıyla geleneksel kaynakların performansını yakalamaya, fiyatta ise daha iyi bir seçenek olmaya başlamıştır. Yenilenebilirlerin uyum problemleri yaratacağı fikrinin yerini ise, bu kaynakların şebeke uyum problemlerini çözüme konusunda yardımcı olabileceği fikrine bıraktığı söylenebilir. Artık yenilenebilirler, mevcut teknolojilerle - gelişimleri için destek teknolojilere ihtiyaç duymaksızın - geleneksel kaynakların önüne geçebilmektedir.

**I. Şebekede ve Şebeke Dışında Fiyat ve Performans Eşitliğine Ulaşılması:** Güneş ve rüzgârın yaygınlaşmasıyla bu teknolojilerin seviyelendirilmiş enerji maliyeti (LCOE) en iyimser piyasa oyuncularının tahminlerinin bile altına inmiş durumdadır. En ucuz fosil yakıtlı kaynak olan doğalgazın maliyeti 41-74 USD/MWh aralığındayken, rüzgârın

seviyelendirilmiş enerji maliyeti 29-56 USD/MWh, güneşin seviyelendirilmiş enerji maliyeti ise 36-46 USD/MWh aralığına gelmiştir.<sup>2</sup>

Depolama üniteleri güneş ve rüzgârın rekabetçiliğini arttırmakta, fiyattaki eşitliğe ek olarak bu kaynaklara şebekede performans eşitliği sağlamaktadır.

### II. Uygun Maliyetli ve Güvenilir Şebeke

**Entegrasyonu:** Güneş ve rüzgârla ilgili en çok bahsedilen engellerden birisi bu kaynakların sürekli çalışabilir olmaması iken bu teknolojilerin şebekeyi güçlendirme, şebeke güvenilirliğini artırma ve gerekli şebeke servislerini sağlama yeteneklerini göstermeleri ile birlikte bu durum tersine dönmektedir. Güneş ve rüzgârın marjinal üretim maliyetlerinin teorik olarak sifıra eşit olması, bu teknolojilerin pahalı üreticilerin yerini alıp elektrik fiyatlarını düşürmesine yol açmaktadır. Güneş gün içinde puant fiyatların düzlenmesine, rüzgâr ise gece saatlerinde fiyatların düşmesine sebep olmaktadır.

Güneş ve rüzgâr kaynaklarının kullanımının artması, şebeke güvenilirliğini ve esnekliğini arttırmaktadır. Avrupa verilerine göre kömür ve doğalgaz santrallerinde plansız kesintiler rüzgâr santrallerine göre daha fazla gerçekleşmekte ve bu santrallerin toparlanması daha uzun sürmektedir. Frekans, gerilim ve yük alma ile ilgili tüm temel şebeke güvenilirlik servisleri halen geleneksel santraller tarafından sağlanıyor olmakla birlikte, akıllı invertörler ve ileri seviye kontrollerin güneş ve rüzgâr santrallerinin bu servisleri geleneksel santraller seviyesinde ve hatta daha iyi sağlamasına olanak vermesiyle bu durumun da değişme potansiyeli bulunmaktadır.

<sup>1</sup> Şebeke ölçeğinde gerçekleştirilen büyük çaplı yenilenebilir enerji yatırımlarından üretilen elektriğin seviyelendirilmiş elektrik maliyetinin rekabet halinde olduğu diğer kaynaklar ile eşit seviyelere gelmesi.

<sup>2</sup> Editör Yorumu: Orijinal raporda *Lazard's LCOE Analysis - versiyon 11.0*'deki değerler kullanılmışken, bu raporda yer alan değerler versiyon 12.0'deki değerleri yansıtmaktadır.



**III. Otomasyon, Akıllı, Blockchain Destekli, Gelişmiş Teknolojiler:** Yeni teknolojiler enerji sektöründe çeşitli süreçlerde kullanılmakta, genel olarak bu uygulamalar sistem uyumunun artırılması ve maliyetlerin düşmesine yardımcı olmaktadır.

Üretimde otomasyon maliyetlerin düşürülmesine, 3D yazıcılar ile gelişmiş parçaların üretimi santral verimlerinin artmasına, hava durumu tahminlerinde yapay zekâ uygulamalarının kullanılması üretim planlarındaki hataların azalmasına, beyaz sertifika uygulamalarında blockchain teknolojisinin kullanılması şeffaf, ucuz, hızlı ve kolayca ulaşılabılır bir sistem kurmaya yardımcı olmaktadır.

#### **Talep**

Şehirler, topluluklar, büyüyen pazarlar ve şirketler güvenilir, ucuz ve temiz enerji kaynaklarına yönelmiş durumdadır. Destekleyici unsurlar sayesinde güneş ve rüzgâr, tarafların üç temel ihtiyacına (güvenilir,

ucuz, çevre dostu) cevap verebilen en iyi kaynak durumuna gelmiş bulunmaktadır. Akıllı yenilenebilir şehirler, yenilenebilir enerji kaynaklarını akıllı şehir projelerinin ayrılmaz bir parçası olarak görmektedirler. Topluluk yenilenebilir enerji projeleri, tüketicinin elektriğe ulaşım kolaylığını arttırmakta ve elektrik tedarik seçimini yapmasına olanak sağlamaktadır. Büyüyen pazarlar, stratejilerine uygun olarak güneş ve rüzgârı kucaklayarak yenilenebilir enerjinin payının artışına büyük katkı yapmakta, şirketler ise yenilenebilir enerji satın alıp operasyonlarını yeşillendirme amacı taşımaktadırlar.

**I. Akıllı Yenilenebilir Şehirler:** Gelişmiş altyapı, sensör teknolojileri ve veri analitiği ile hayat standartlarını, rekabetçiliklerini ve sürdürülebilirliği arttırmaya odaklanmış olan akıllı yenilenebilir şehirler<sup>3</sup>, güneş ve rüzgâr kaynaklarının hedeflerini güçlendireceği motivasyonu ile hareket etmektedirler. Güneş ve rüzgâr enerjisi bu bağlamda akıllı şehirlerin kirliliğinin ve karbon salınımının

azalmasına, sistem dayanıklılığının artmasına, temiz elektrik akışına, ekonomik güçlenmeye ve işletmelerin büyümesine katkı sağlamaktadırlar.

#### **II. Şebeke İçi ve Şebeke Bağımsız Topluluk Enerjisi:**

Orijinalinde “topluluk güneşi” olarak adlandırılan eğilim, esneklik sağlayan depolama ve yönetim sistemleriyle “topluluk enerjisi” olarak yaygınlaşmaktadır. Bu yaygınlaşma topluluğun enerjisinin şebeke içindeki ve dışındaki alanlarda yönetiminde yeni yöntemlere kapı aralamaktadır. Şebeke dışındaki kırsal alanlarda topluluklar tarafından kurulan yenilenebilir enerji tesisleri, genellikle güneş-artı-depolama ve mikro şebekelerle bölge halkına uygun maliyetli enerji sağlamaktadır. Gelişmiş şebekeye sahip alanlarda enerji toplulukları ortaklık paylaşımı veya güneş ve rüzgâr enerjisine erişim sağlamaktadırlar.<sup>4</sup>

**III. Gelişen Pazarların Öncülüğü:** Güneş ve rüzgâr endüstrileri gelişmiş ülkelerin

öncülüğüyle başlayıp olgunlaşırken devam eden süreçte bu eğilimin gelişmekte olan ülkelere kaydığı gözlemlenmektedir. 2017 yılında gelişen pazarlara yapılan yenilenebilir yatırımının toplam yenilenebilir yatırıma oranı %63'e tekabül etmektedir.

**IV. Şirketlerin Artan İlgisi:** Şirketler birleşme ve tedarik zinciri ile yenilenebilir enerjide büyük hedeflere<sup>5</sup> ulaşabilme imkânına sahiptirler. Fortune 100 şirketlerinin üçte ikisi yenilenebilir enerji hedefi koymuş durumdadır ve elektrik tedarik anlaşmaları<sup>6</sup> aracılığıyla küresel kurumsal satın alma süreçleri yürütmektedirler.

### Türkiye ve Yenilenebilir Enerji

Ülkemizin yenilenebilir enerji stratejisi doğrultusunda hâlihazırda sağlanan teşvikler ile birlikte yenilenebilir enerji kaynaklarına yapılan yatırımlar sürekli artmaktadır. Son yıllarda Türkiye'de güneş ve rüzgâr kurulu gücü önemli miktarda artmış, YEKDEM yönetmeliğinin yayımlandığı 2013 yılı sonunda 2,8 GW olan güneş ve rüzgâr kurulu gücü Nisan 2019 sonu itibarıyla 12,5 GW'ye ulaşmıştır.<sup>7</sup> 2016 yılında yayımlanan YEKA yönetmeliği doğrultusunda YEKA projeleri planlanmaya başlanmıştır. YEKA kapsamında biri fotovoltaik güneş diğer ikisi *onshore* rüzgâr olmak üzere tamamlanan üç ihale bulunmaktadır.

### I. Yenilenebilir Enerji Kaynakları

#### Destekleme Mekanizması (YEKDEM):

YEKDEM kapsamında 2020 yılı sonuna kadar devreye girecek olan yenilenebilir enerji santrallerine 10 yıl süre ile kaynak tipine göre 7,3-13,3 UScent/kWh<sup>8</sup> fiyat aralığında elektrik alım garantisi sunulmaktadır. EPIAŞ Gün Öncesi Piyasasında 2018 yılı elektrik fiyatları aritmetik ortalamasının

4,7 UScent/kWh olduğu düşünüldüğünde YEKDEM modelinin yatırımcılar için ciddi bir fırsat sağladığı görülmektedir. Ayrıca, alım garantisinin Amerikan Doları kuru ile verilmesi kur farkından kaynaklanan riskleri azaltarak yatırımcılar ve finans kuruluşları için daha cazip bir yatırım fırsatı sağlamıştır. Türkiye'de 2019 başı itibarıyla YEKDEM katılımcısı lisanslı santrallerin kurulu gücünün toplam kurulu güce oranı %23,63'tür.<sup>9,10</sup>

### II. Yenilenebilir Enerji Kaynak Alanları

**(YEKA):** YEKA, büyük ölçekli yenilenebilir enerji kaynak alanlarının yatırımcılara tahsisleriyle bu alanlarda hızlı şekilde yatırım gerçekleştirilmesini, ileri teknoloji aksamaların yurt içinde üretimini veya yurt içinden temininin sağlanmasını ve teknoloji transferine katkıda bulunulmasını amaçlamaktadır. İlk YEKA ihalesi, 2017 yılında, 1000 MW kapasiteli fotovoltaik güneş santralının ve 500 MW/yıl kapasiteli fotovoltaik güneş modülü fabrikasının kurulumu için gerçekleştirilmiştir. Elektrik alım fiyatı 8,0 UScent/kWh ile başlayan açık azaltma oturumu, 6,99 UScent/kWh teklifiyle sonuçlanmıştır. Aynı yıl içerisinde, 1000 MW kapasiteli rüzgâr santrali için düzenlenen YEKA ihalesi ise 3,48 UScent/kWh teklif fiyatından kapanmıştır.

Son YEKA ihalesi ise 30 Mayıs 2019 Perşembe günü her biri 250 MW kapasiteli 4 adet on-shore rüzgâr santrali için yapılmıştır. Balıkesir ve Muğla bölgeleri için yapılan ihaleleri sırasıyla 3,53 UScent/kWh ve 4,00 UScent/kWh teklifleriyle Enercon kazanırken, Çanakkale ve Aydın bağlantı bölgeleri için yapılan ihaleleri sırasıyla 3,67 UScent/kWh ve 4,56 UScent/kWh teklifleriyle Enerjisa Üretim kazanmıştır.

YEKA ihaleleri sayesinde ciddi fiyat düşüşlerinin gözlemlenmeye başlamış olması modeli olumlu şekilde desteklemektedir. Gereki finansman kaynaklarının sağlanmasıyla YEKA modelinin önümüzdeki yıllarda da sürdürülmesi beklenmektedir.

### III. Lisanssız Üretim Yönetmeliği:

Türkiye'de küçük ölçekli üretim tesislerinin yaygınlaştırılması ve tüketicilerin elektrik enerji ihtiyaçlarını kendilerine en yakın üretim tesislerinden karşılaması amacıyla 12 Mayıs 2019 Lisanssız Üretim Yönetmeliği yayımlanmıştır. Bu yönetmelik ile birlikte mesken abonelerinin 10 kW'ye kadar, tüm işletmeler ve kamu kurumlarının ise 5 MW'ye kadar lisans almadan yenilenebilir enerji tesisi kurmasına olanak sağlanmıştır. Yönetmelik kapsamında kurulacak tesisler için lisans alma ve şirket kurma yükümlülükleri kaldırılarak bürokratik süreçler azaltılmış, yenilenebilirlerin piyasaya nüfuzunun önü açılmıştır.

### Sonuç

Güneş ve rüzgâr kaynakları, yeni teknolojilerin kullanımıyla birlikte daha rekabetçi konuma gelmiş, fiyat ve performans denkliğine ulaşmış ve şebeke yönetimine katkı sunmaya başlamışlardır. Bütün bu sebepler tüketicilerin temel ihtiyaçlarının karşılanması konusunda önemli bir rol oynayarak yenilenebilir enerjiye olan talebi hızlı bir şekilde arttırmaktadır. Global ölçekte yaşanan bu gelişmelerin yansımaları, ülkemizde özellikle YEKDEM, YEKA ve lisanssız üretim modelleri ile kendini göstermeye devam etmektedir. Sağlanan önemli destekler ve uygulanan modeller sayesinde ülkemizde ciddi yatırımlar yapılmakta ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı teşvik edilmektedir.

<sup>3</sup> Akıllı yenilenebilir şehirlerin en iyi örneklerinden birisi San Diego, ABD. Mevcut durumda San Diego'da güneş ve rüzgârın elektrik üretimindeki payı %33'tür. ABD hükümeti iklim değişikliği taahhütlerinde geri adım atmış olsa da San Diego bu payı 2035'e kadar %100'e çıkarmayı hedefliyor.

<sup>4</sup> Şebeke bağımsız topluluk girişimlerinden güzel örneklerinden birisi Tyalgum Energy Project. Bu projenin amacı Avustralya'daki Tyalgum köyünün tamamen yenilenebilir enerji ile sürdürülebilirliğini gösterip çevresel etki bilinci yaratmaktır.

<sup>5</sup> Şirketlerin yenilenebilir enerji hedeflerine ulaşma amacıyla kurdukları örneklerden birisi RE100. Dünyanın çeşitli ülkelerinden RE100'e katılan şirketler belirledikleri bir yıla kadar enerji ihtiyaçlarının %100'ünü yenilenebilir enerji kaynaklarından karşılamayı taahhüt ediyorlar. Bu program kapsamında katılımcı şirketler her sene enerji tüketim raporlarını kamuoyuyla paylaşıyorlar.

<sup>6</sup> Yeni katılımcı sektörlerle birlikte şirketler çeşitli yollarla yenilenebilir enerji satın almaktadır. Günümüzde sıklıkla kullanılan üç enerji satın alma aracı; enerji kaynak sertifikaları (EAC), yeşil enerji tedarik programları (UGP) ve elektrik tedarik anlaşmaları şeklinde isimlendirilmektedir.

<sup>7</sup> TEİAŞ

<sup>8</sup> Yerli ekipman desteği ve piyasa maliyetleri hariç rakamlar belirtilmiştir.

<sup>9</sup> 2019 senesi için yayınlanan nihai yek listesine göre bu oranın YEKDEM başvurularının alındığı son tarih olan Ekim 2018 sonu kurulu güç değerinin %23,73'üne ulaştığı gözlemlenmektedir. 2018 senesinde devreye giren toplam 1.578 MW gücündeki lisanssız güneş santralleri de göz önünde bulundurulduğunda YEKDEM modelinin yenilenebilir enerji yatırımlarını çekmekte olan başarısı daha da belirgin hale gelecektir.

<sup>10</sup> EPDK, TEİAŞ, Deloitte analizi