

COVID-19 SALGINININ ENERJİ YATIRIMLARINA ETKİSİ VE KÜRESEL RÜZGAR ENERJİ YATIRIMLARINA GENEL BAKIŞ

Cenk Sevim

AERO Rüzgar Endüstrisi A.Ş.
cenksevim@hotmail.com

ÖZET

2020 yıl sonu itibariyle korona virüs salgını dolayısıyla küresel enerji talebinde % 4 oranında düşüş yaşanmıştır. Enerji talebindeki söz konusu düşüş 2. Dünya Savaşı'ndan beri görülen en büyük düşüştür. Petrol talebinde %8,8, kömür'de %4 ve doğal gaz'da ise %2 daralma yaşanmıştır. Yenilenebilir enerji talebinde ise %3 oranında artış yaşanmıştır. Günümüzde küresel ölçekte enerji yatırımları incelendiğinde ilk iki sırada fotovoltaik güneş ve rüzgar enerji yatırımlarının olduğu görülmektedir. Bunun en önemli sebebi fotovoltaik güneş ve rüzgar enerji yatırımlarının seviyelendirilmiş enerji maliyetlerinin (LCoE) diğer enerji türlerinden düşük olmasıdır. LCoE değeri fotovoltaik güneş yatırımlarında ortalama 36,5 \$/MWh ve karasal rüzgar enerjisi yatırımlarında ise ortalama 40 \$/MWh'dır.

Rüzgar enerjisi sektörü de küresel ölçekte büyüme göstererek korona salgınından daha az etkilenen enerji sektörlerinden birisi olmuştur. Küresel rüzgar enerjisi sektöründe, 2019 yılında 60 GW olan yıllık kurulum düzeyi 2020 yılında 93 GW seviyesine yükselmiştir. Yeni kurulan rüzgar enerjisi santrallerinin büyük bölümü Asya-Pasifik ve Amerika bölgesindedir. Orta vadede Asya-Pasifik ve Amerika bölgelerinin yeni yatırımlarda baskın olması öngörülmektedir.

Bu çalışmanın amacı, korona salgının küresel enerji sektörü üzerindeki etkilerini değerlendirmek ve rüzgar enerji sektöründe son dönemki gelişmelerin üzerinde durularak orta vadeli projeksiyonlar hakkında bilgi verilmesidir.

1. GİRİŞ

Korona virüs salgını (Covid-19) bir iğneye ve büyük bir hasar almış küresel ekonomik sistemi de aşırı şişkin bir balona benzetebiliriz. Covid-19 salgının bizlere gösterdiği en önemli konularının başında küresel ekonomik sistemin ne kadar kırılgan olduğudur. Covid-19 salgını yaklaşık 3-4 ay gibi kısa sürede küresel ekonomik sistem üzerinde onarılması oldukça zor yıkıcı etkiler yaratmış durumdadır. Söz konusu yıkıcı etkilerin 2-3 yıl süresince küresel ekonomik sistem üzerinde baskı unsuru olarak kalacağı öngörülmektedir.

Covid-19 salgına tüm dünya ülkeleri hazırlıksız yakalanmıştır. Covid-19 krizi ilk aşamada sağlık sistemini sonrasında da ekonomik sistemi felç etmiş durumdadır. Malların sınırsız dolaşımı, insanların sınırsız dolaşımı, sermayenin sınır dolaşımı ve kaynaklara sınırsız erişim sağlanması gibi uygulanmakta olan küresel ekonomik kurallar, problemi daha da derinleştirmiş ve çözülmesi zor bir hale getirmiştir. Tıbbi kurumlar tarafından Covid-19 salgının kontrol altına alınmasında en önemli parametrenin izolasyon, sosyal mesafe, aşılama olduğunun tanımlanmasına rağmen pek çok ülkede insanların izolasyon kurallarına ve aşılama karşı direnç gösterdikleri görülmüştür ki bu yaklaşım Covid-19 kaynaklı sorunların derinleşmesindeki bir diğer problem olarak karşımıza çıkmıştır. Covid-19 sonrası dönemin en belirgin özelliğinin ülkelerin içe kapanması ve ülkeler arası sınırların daha belirgin hale gelmesi olacaktır. Söz konusu içe kapanma süreciyle karşımıza "sınırlı küreselleşme", "kontrollü küreselleşme" veya "kısmi küreselleşme" gibi kavramlar çıkacaktır. Covid-19 salgını sırasında gerek yaşanan can kayıpları ve gerekse ekonomik kayıplardan ötürü devletler bir daha Covid-19 veya benzeri bir

salgın karşısında çaresiz kalmamak adına bir süre gerek ekonomik ve gerekse toplum hayatı açısından içe kapanma dönemi yaşayacaklardır. Covid-19 salgını sırasında zaten oldukça kırılğan hale gelen küresel tedarik zinciri Covid-19 sonrası ülkelerin ekonomik olarak tercih edecekleri içe kapanma stratejileri ile daha zayıflaması olasılık dahilindedir [1].

2020'nin başında dünyanın yüzyüze kaldığı Covid-19 salgınının pek çok sektör üzerinde yıkıcı etkileri olmuştur ve olmaya devam etmektedir. Enerji sektöründe Covid-19 salgınından olumsuz olarak etkilenen sektörlerin başında gelmektedir. Salgın sebebiyle enerji talebinin çok hızlı şekilde düşmesi sektör dinamikleri üzerinde sarsıcı etkiler ortaya çıkmasına neden olmuştur.

2. COVID-19 SALGININ KÜRESEL ENERJİ SEKTÖRÜ ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

Covid-19 salgını kaynaklı olarak küresel enerji talebinde %4 civarında bir düşüş yaşanmıştır. Enerji talebindeki bu düşüş İkinci Dünya Savaşı'ndan sonra yaşanan en büyük düşüş olarak kabul edilebilir. Covid-19 salgının sonucu enerji talebindeki düşüş 2008-2009 finans krizindeki talep düşüşünün yaklaşık 7 katı seviyesindedir [2]. 2020 yılında enerji talebinde yaşanan düşüş gelişmiş ülkeleri ve gelişmekte olan ülkeleri farklı oranda etkilemiştir. Gelişmiş ülkelerdeki enerji talebi düşüşü ortalama %6 civarında gerçekleşmiştir. Gelişmekte olan ülkeler grubunda yer alan Hindistan'da %5, Güneydoğu Asya bölgesinde %3, Ortadoğu ve Afrika bölgesinde ise %1,5 oranında enerji talebinde düşüş yaşanmıştır. 2020 yılında düşen enerji talebinin doğal sonucu olarak karbondioksit (CO₂) emisyonlarında da %5,8'lik düşüş yaşanmıştır. Çin enerji talebinde 2020 yılının ilk çeyreğinde düşüş yaşanmasına rağmen Çin'de ki Covid-19 salgının kontrol altına alınmasıyla Çin ekonomisi beklenenden hızlı toparlanmıştır ve 2020 yıl sonu itibariyle Çin enerji talebi %6 artış göstermiştir [3].

Enerji talebindeki bu çöküşün enerji yatırımları üzerinde ciddi etkileri olmuştur. 2020'deki Küresel birincil enerji yatırımları 2019'a göre %20 oranında düşmüştür. 2019'da 1,8 trilyon dolar civarında ki yatırım tutarı 2020'de 1,5 trilyon dolar seviyelerinde gerçekleşmiştir [4].

Enerji sektöründe gerek hükümetler ve gerekse şirketler tarafında sorulan en önemli soru Covid-19 salgının ne zaman biteceği veya en azından ne zaman kontrol altına alınabileceğidir. Salgın uzadıkça enerji sektöründe yarattığı tahribat artmaktadır. Salgın ortamının yarattığı belirsizlik enerji yatırımlarını olumsuz etkilemiştir. Salgın döneminde söz konusu belirsizlikten dolayı uzun dönemli projeksiyonlar yapılamamaktadır [5].

Covid-19 salgının küresel enerji sektörünün karşılaştığı en kötü krizler bir tanesi olarak sınıflandırılabilir. Enerji şirketleri salgın döneminde ayakta kalabilmek için yatırımları durdurmuş veya iptal etmişlerdir. Enerji talebindeki düşüş sektörel olarak bakıldığında en çok petrol, kömür, doğal gaz sektörleri etkilenmiştir. Bu üç sektörde pek çok yatırım iptal edilmiştir.

2020 yıl sonu itibariyle kömür talebindeki düşüş %4 olarak gerçekleşmiştir [3]. Küresel kömür talebindeki söz konusu sert düşüşün sebepleri araştırıldığında karşımıza üç temel sebep çıkmaktadır. Bunlar;

- Dünya'nın en büyük kömür tüketicisi konumunda ki Çin'in 2020 ilk çeyreğinde Covid-19 krizinden dolayı durma noktasına gelmesi,
- Ucuz gaz fiyatları,
- Yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik üretim maliyetlerinin kömürden üretilen elektriğe göre çok daha ucuz olmasıdır.

Küresel petrol talebinde önemli ölçüde sert bir düşüş yaşamıştır. 2020 yıl sonu itibariyle küresel petrol talebi yaklaşık %8,8'lik bir düşüş göstermiştir [3]. Küresel petrol talebinin %60'ı havacılık sektöründen gelmektedir. Seyahat yasakları ile birlikte küresel havacılık sektörü 2020 ilk çeyrek neredeyse durma noktasına gelmiştir ve 2020 yıl sonu itibariyle de havacılık sektöründe kayda değer bir toparlanma görülmemiştir. Ayrıca söz konusu dönemde ekonomideki durgunluk ve sokağa çıkma kısıtlamalarından dolayı karayollarında özellikle otomobil ile yapılan seyahatler 2019 göre %50 civarında düşmüştür. Bu sebeple yakıt türü olarak en önemli düşüş jet yakıtı ve benzinde olmuştur. Jet yakıtı ve benzin talebinin dip yapması ile ilk çeyrekte rafineri kapasite kullanım oranlarında da önemli düşüş olmuştur. Diğer taraftan gıda ve tıbbi malzeme tedarik zincirinde aksama olmaması için karayollarında ağır vasıtaların yoğunluğunda kayda değer bir düşüş olmamıştır. Bu nedenle dizel tüketiminde önemli bir düşüş yaşanmamıştır. Küresel gaz talebinde kömür ve petrol talebindeki düşüşe göre daha ılımlı bir düşüş yaşanmıştır.

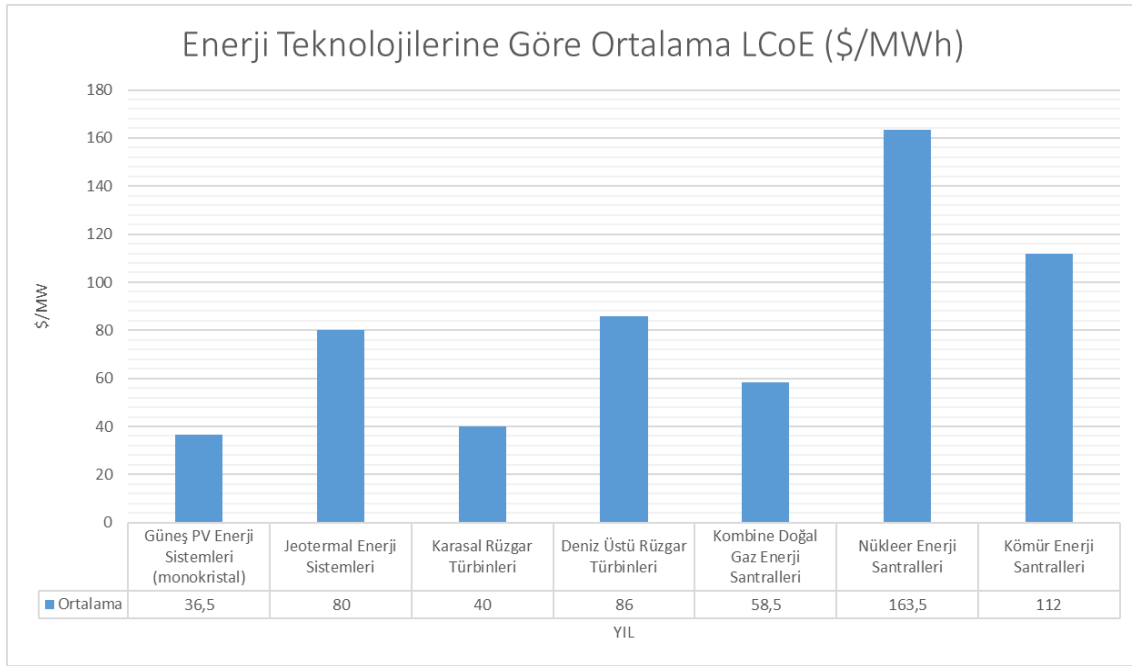
Özellikle havacılık sektöründeki çöküşe bağlı olarak jet yakıt talebi çok düşmüştür. Bu durum gerek petrol üretimini ve gerekse rafineri üretimi olumsuz etkilemiştir. Ayrıca salgın döneminde hem petrol hemde sıvılaştırılmış doğal gaz (LNG) stokları çok fazla artmıştır. Salgın sonrası enerji talebi artsa bile yüksek stok seviyelerinden dolayı petrol ve gaz fiyatlarında artan talep ile orantılı hızlı artış öngörülmektedir. Ayrıca yine salgın sonrası talep artışı olsa bile belirsizlik ortamı bir süre daha devam edeceği kısa dönemde petrol-gaz yatırımlarında artış olması çok kolay değildir.

Covid-19 salgını döneminde sokağa çıkma kısıtlamalarından dolayı konutlardaki elektrik talebi yükselmiştir ancak endüstride yaşanan duruşlardan dolayı endüstriyel elektrik talebinde düşüş olmuştur. Elektrik talebi ülkelerin uyguladığı sokağa çıkma kısıtlamalarının seviyelerine göre önemli ölçüde etkilenmiştir. Genel olarak küresel elektrik talebinde 2020 yıl sonu itibariyle %1 civarında düşüş olmuştur [3].

Salgınının enerji sektöründe yarattığı krizin kısmi olarak teğet geçtiği tek alan yenilenebilir enerji sektörü olmuştur. Yenilenebilir enerji sektöründe yatırım iptallerinden ziyade yatırım erteleme olmuştur. Güneş fotovoltaik (PV) ve rüzgardan elde edilen elektriğin birim üretim maliyeti diğer fosil enerji kaynaklarından düşük olması da salgın kaynaklı krizden daha az etkilenmesindeki önemli sebeplerden bir tanesidir. Önceki yıllarda rüzgar ve güneş enerjisi yatırımları çevreci yatırımlar olarak anılırken artık hem çevreci hem de ucuz yatırımlar olarak tanımlanmaktadır. Rüzgar ve güneş PVenerjisi yatırımlarının yeni statüsü onları daha tercih edilir hale getirmiştir.

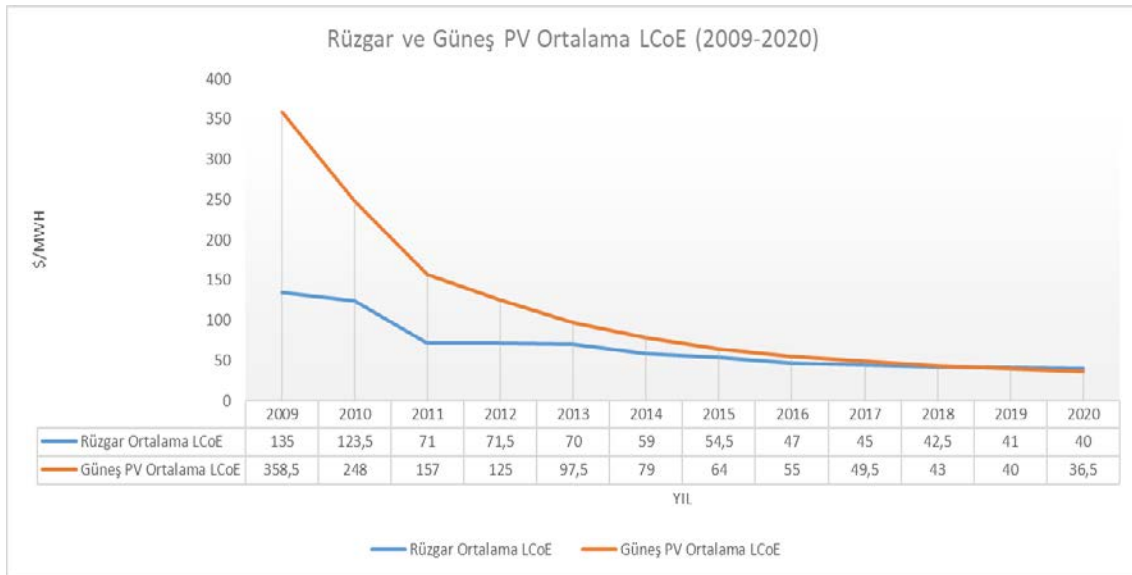
3. YENİLENEBİLİR ENERJİ TEKNOLOJİLERİ VE SEVİYELENDİRİLMİŞ ENERJİ MALİYETLERİ (LCoE)

Seviyelendirilmiş enerji maliyetleri (LCoE) enerji teknolojilerinin maliyetlerinin karşılaştırılması açısından oldukça sıklıkla tercih edilen bir parametredir. LCoE parametresi temel olarak “bir enerji sisteminin ekonomik hayatı boyunca oluşacak maliyetlerin yine ekonomik hayatı boyunca üretebileceği enerji miktarına oranlanması ile hesaplanmaktadır”[6]. Ortalama LCoE açısından karasal rüzgar türbinleri ve güneş PV enerjisi sistemleri fosil enerji ve nükleer enerji teknolojilerinden daha ucuzdur (Şekil 1).



Şekil 1. Enerji teknolojilerine göre 2020 yılı ortalama LCoE değerleri [7]

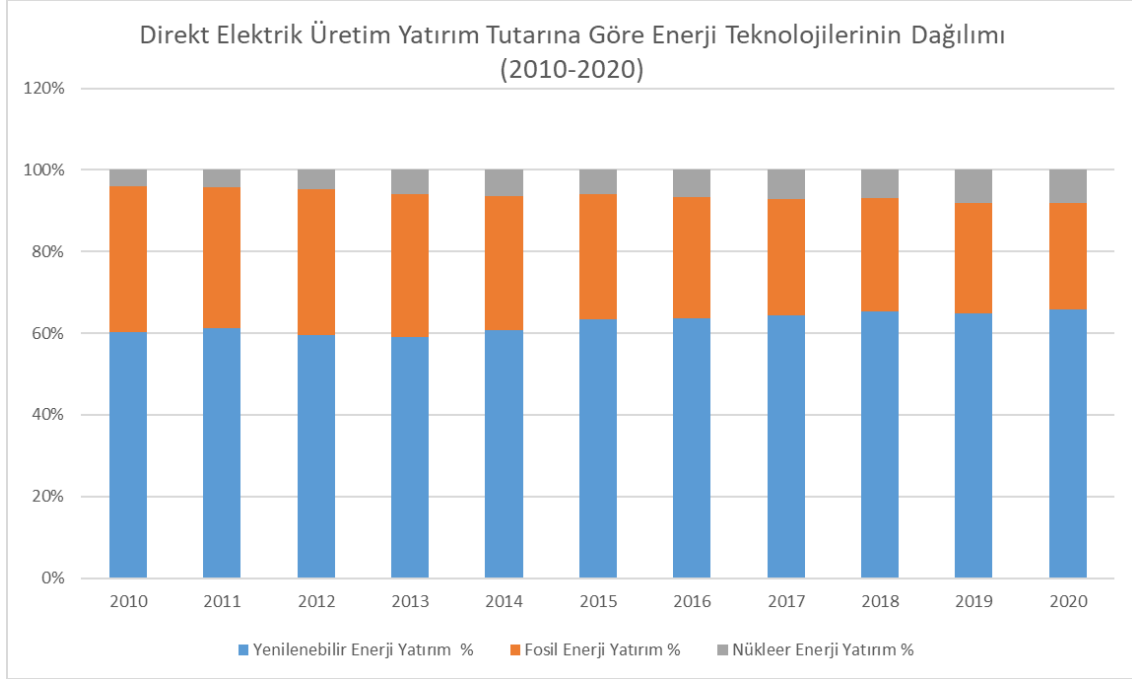
Uluslararası Enerji Ajansının (IEA), gelecek projeksiyonlarına göre CO₂ salımı azaltma politikalarında yenilenebilir enerji teknolojileri kritik öneme sahiptir. Bu teknolojiler düşük LCoE değerleri ile birlikte 2040 yılına kadar küresel enerji talebinin karşılanmasında en büyük artışı gösterecek teknolojiler olarak ifade edilmektedir.



Şekil 2. Karasal rüzgar türbinlerinde ve monokristal güneş fotovoltaik enerji sistemlerinde ortalama LCoE değerleri 2009-2020 [7]

2009 ve 2020 yılları arasındaki rüzgar ve güneş PV sistemlerin ortalama LCoE değerlerindeki değişim incelendiğinde, Güneş PV sistemlerde %90 ve rüzgar ise %70 oranında düşüş olduğu görülmektedir. 2009 yılında PV sistemler için 358,5 \$/MWh olan LCoE değerinin 2020'de 36,5 \$/MWh'e ve rüzgar türbinlerinde 135 \$/MWh olan LCoE değerinin 40 \$/MWh'e [7] düşmüş olduğu görülmektedir (Şekil 2).

Düşen LCoE değerleriyle birlikte rüzgar enerji ve güneş PV enerji sistemleri fosil enerji teknolojileri ile rekabet edebilir duruma ulaşmış durumdadır. 2010 ve 2020 yılları arasında küresel olarak direkt elektrik üretim yatırımları içinde yenilenebilir enerji, fosil enerji ve nükleer enerji dağılımına bakıldığında 10 yıllık dönemde yıllık olarak yapılan yeni yatırımların ortalama %60'nın yenilenebilir enerji tarafından geldiği görülmektedir ve her geçen yıl bu oran artmaktadır (Şekil 3). Bu yatırım verileri de LCoE değerlerinde düşüşün reel yatırım eğilimlerine doğrudan yansıdığını göstermektedir.



Şekil 3. Küresel olarak direkt elektrik üretim yatırım tutarına göre enerji teknolojilerinin dağılımı (2010-2020) [8]

Son 10 yıllık dönemde yeni yapılan elektrik üretim yatırımlarında rüzgar ve güneş enerjisi sistemlerindeki LCoE düşüşü en önemli parametre olmuştur. IEA'nın 2040 yılına kadar yapmış olduğu enerji talep projeksiyonlarında da gerek gelişmiş ve gerekse gelişmekte olan ülkelerde yeni yapılacak enerji santrallerinde rüzgar ve güneş PV enerji sistemlerinin ön planda olacağı öngörülmektedir ki son 5 yıllık reel yatırım verileri de bu öngörüğü desteklemektedir.

2020 yılında küresel ölçekte direkt elektrik üretimi alanında 427 milyar dolar yatırım yapılmıştır. 427 milyar dolar tutarındaki toplam yatırımın yaklaşık 281 milyar dolarını yenilenebilir enerji santralleri oluşturmuştur. Yani yeni yapılan direkt elektrik üretim yatırımlarının %65'i yenilenebilir enerji tarafından gelmiştir. Ayrıca 2020 yılında yeni kurulan elektrik üretim tesisi yatırımlarının %40'nı güneş PV sistemler oluşturmuştur [8].

Rüzgar ve güneş enerjisinin LCoE değerlerindeki düşüşün kök nedenleri araştırıldığında karşımıza iki temel başlık çıkmaktadır. Bunlardan ilki teknolojiye paralel olarak maliyetlerin düşmesidir. Diğer başlık ise rüzgar ve güneş enerjisi yatırımlarında kullanılan finansal modellerdeki değişimdir.

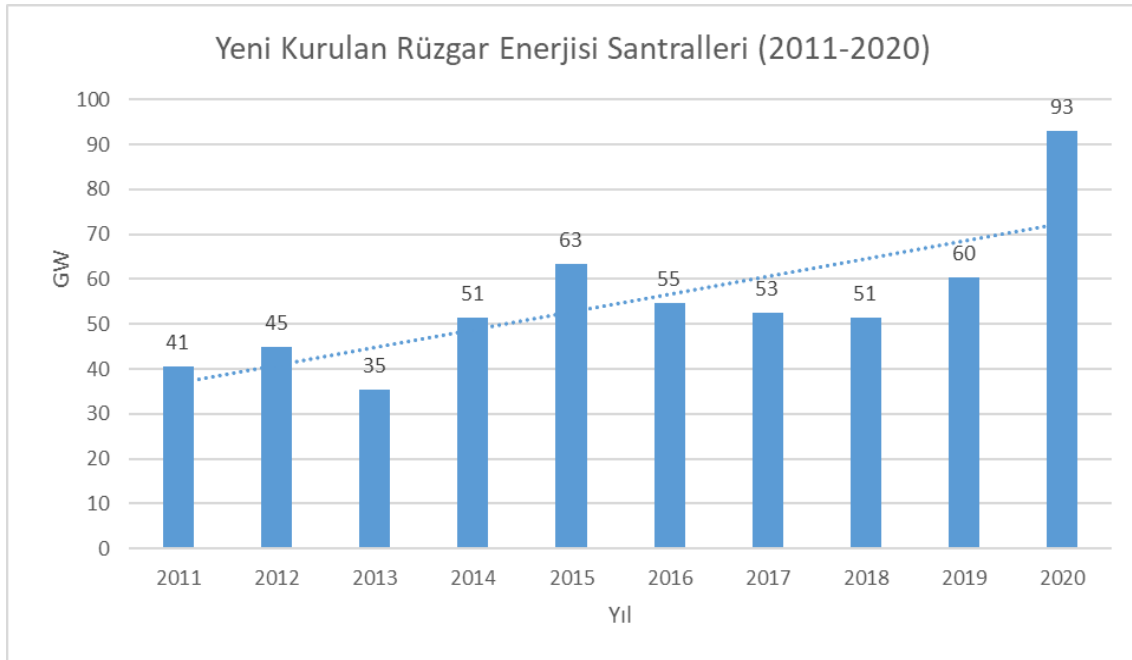
2000'li yılların başında yenilenebilir enerji yatırımları yeni ivme kazanmaya başladığı yıllarda devletlerin sağladığı satın alma garantisi ve teşviklere dayalı "feed-in-tariff" finansal modeli kullanılmaktaydı. Bu model yeni ivme kazanmaya başlayan yenilenebilir enerji yatırımlarını desteklemesine rağmen üretilen enerji maliyetlerini artırıcı yönde etki yapmaktaydı. Daha sonra yenilenebilir enerji sektörünün gelişmesi, gelişmiş batı ülkelerindeki enerji yoğunluğunun düşmesiyle birlikte "feed-in-tariff" modelinden "tender" finansal modeline geçilmiştir.

“Tender” modeli ihale sistematığına dayanmaktaydı yani devletlerin tahsis ettiği bir yenilenebilir enerji kaynak bölgesinde enerji üretme hakkını elde etmek için yatırımcıların yarıştığı bir modeldi. “Tender” modelindeki temel mantık yapılan ihale sonucunda kamuya en ucuz fiyata enerjiyi satacak yatırımcının belirlenmesiydi. Son birkaç yıl içinde de “Tender” modelinin yanı sıra “PPA” finansal modeli de uygulanmaya başladı.

“PPA” modelinin temeli ikili enerji anlaşmalarına dayanmaktadır. “PPA” modelinde enerji yatırımcısı ve enerji tüketicisi arasında belirli bir süre için enerji alım anlaşması yapılmaktadır. “PPA” modelinde bürokrasi azalmakta, yatırım hızı artmakta ve rekabetçi ortamdan dolayı enerji tedarik fiyatları düşmektedir. Yukarıda ifade edilen finansal modellerdeki değişim yani “feed-in-tariff” modelinden “Tender” ve “PPA” modeline doğru değişimin olması da yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilen enerjinin maliyetlerini düşüren önemli bir etken olmuştur.

4. KÜRESEL RÜZGAR ENERJİSİ SEKTÖRÜNDEKİ GELİŞMELER

2020 yıl sonu itibariyle kümülatif küresel rüzgar kurulu gücü 743 GW seviyesine ulaşmış durumdadır. Bunun 707 GW bölümü karasal rüzgar enerjisi santrallerinden ve 36 GW bölümü ise denizüstü rüzgar enerjisi santrallerinden oluşmaktadır. 2020 yılında toplam 93 GW yeni rüzgar enerjisi santrali devreye alınmıştır (Şekil 4). Devreye yani alınan rüzgar enerjisi santrallerinin 87 GW’lık bölümü karasal rüzgar türbinlerinden ve kalan 6 GW’lık bölümü de denizüstü rüzgar türbinlerinden oluşmuştur [9].



Şekil 4. Yıllara göre yeni kurulan rüzgar enerjisi santralleri (2011-2020) [9]

Son 10 yıllık yatırım verilerine göre küresel rüzgar enerjisi sektörü yıllık olarak ortalama 50 GW seviyesinde yeni rüzgar enerjisi yatırımının yapıldığı bir sektördür. 2020 yılı rüzgar enerjisi sektörü için çok sıradışı bir yıl olmuştur. Yeni devreye alınan 93 GW rüzgar enerjisi santrali 10 yıllık sektör ortalamasından %86 ve 2019 yılında kurulum seviyesinden de %55 daha yüksektir. 2020 yılında yeni kurulan santral gücünün ortalama değerlerin çok üzerinde olmasının en önemli sebebi Çin’de ki kamu teşvikleri sona ermeden devam eden ve yeni projelerin bitirilmesi

olmuştur. Çin'de son 5 yılda ortalama olarak devreye alınan yeni rüzgar santali 25 GW seviyesindeyken 2020 yılında 55 GW olarak gerçekleşme olmuştur ve 2020 yılında küresel rüzgar enerjisi pazarında çok güçlü bir Çin etkisi yaşanmıştır.

2020 yılında yeni kurulan rüzgar enerjisi santrallerinin yaklaşık %80'ni Çin ve ABD'de kurulmuştur. 2020 yılında Çin'nin toplam kurulumlardaki payı %60 ve ABD'nin %19'dur. Tüm Avrupa ülkelerinde kurulan yeni rüzgar enerjisi santrallerinin oranı ise %16 civarındadır. 2020 yılında yeni denizüstü rüzgar enerjisi yatırımlarının Çin, Hollanda, Belçika, Birleşik Krallık ve Almanya'da yapıldığı görülmektedir. Yeni yapılan denizüstü rüzgar enerjisi yatırımlarında da Çin'nin Pazar payı %50 seviyesinde gerçekleşmiştir [9].

IEA'nın senaryo çalışmalarına göre Çin rüzgar enerjisi pazarının kimen yavaşlamasıyla 2021 ve 2022 yılı yeni rüzgar enerjisi yatırımları 2020 yılının altında kalırken 2019 yılından daha fazla gerçekleşmesi beklenmektedir. Buna göre 2021 yıl sonunda 80-82 GW arasında ve 2022 ise 78-80 GW arasında yeni rüzgar enerjisi santrallerinin devreye alınması öngörülmektedir. Ayrıca 2021 ve 2022 yıllarında deniz üstü rüzgar enerjisi santrallerinin toplam yatırım içindeki payının %10'u geçeceği tahmin edilmektedir [10].

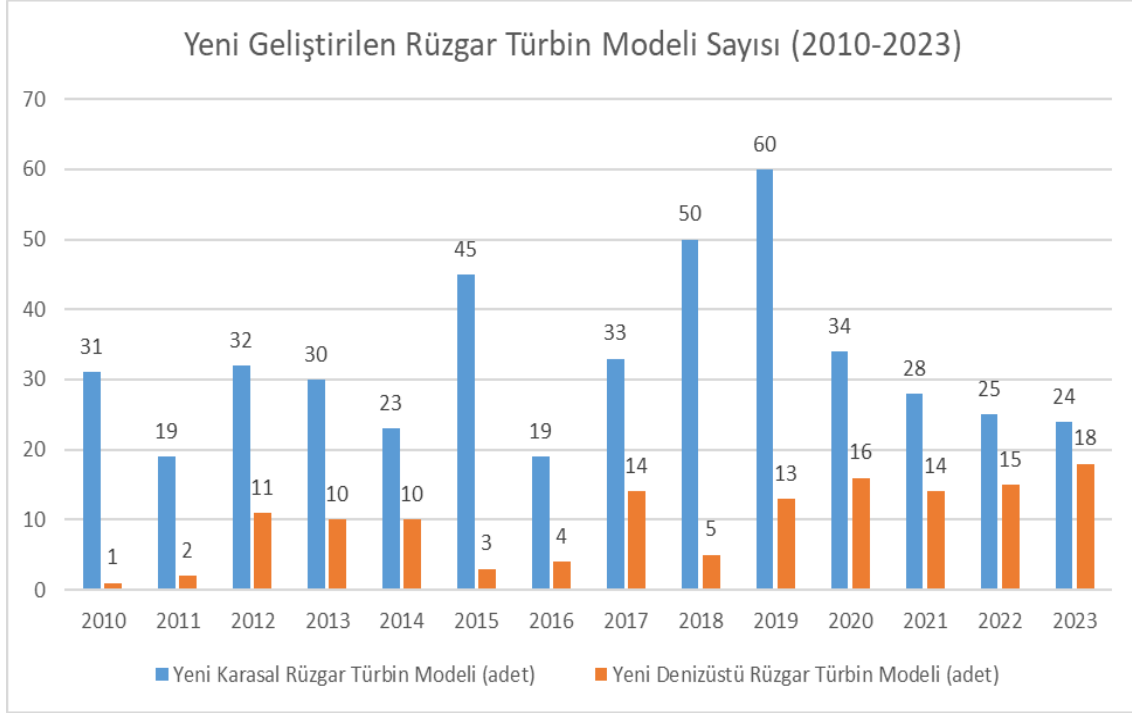
Avrupa'da rüzgar enerjisi santral (RES) kurulumlarının ivme kazandığı 1980'lerin ilk yıllarından itibaren rüzgar enerji potansiyelinin en yüksek olduğu bölgelere rüzgar türbin montajları yapılmıştır. Bu sebeple günümüzde yeni kurulan RES'le ağırlıklı olarak düşük rüzgar hızına sahip alanlarda olmaktadır. yeni RES'lerin kurulabileceği verimli rüzgar sahalarının yüzölçümü giderek azalmıştır. Bu sebeple yeni nesil rüzgar türbinlerinin düşük rüzgar hızlarında çalışabilmesi önem taşımaktadır.

Rüzgar enerji sektöründeki bir diğer önemli konuda denizüstü rüzgar türbinleridir. Dünyamızın büyük bir bölümünün denizlerden oluştuğu ve deniz üzerindeki rüzgar potansiyelinin ve kalitesinin karasal bölgelere göre daha yüksek olduğu dikkate alındığında kuşkusuz deniz üstü rüzgar enerjisi santrallerinin önemi ortaya çıkmaktadır. Ancak denizüstü rüzgar enerjisi santrallerinin önündeki en önemli bariyer yüksek yatırım maliyetleridir. Ortalama bir karasal rüzgar türbinin LCoE değeri 40 \$/MWh iken denizüstü rüzgar türbinlerinde ortalama LCoE değeri 86 \$/MWh seviyesindedir. Bu sebeple denizüstü rüzgar enerjisi yatırımlarındaki pazar genişlemesi karasal rüzgar enerji yatırımlarına göre daha düşük kalmaktadır. 2020 yılında yeni işletmeye alınan RES'lerin %6'sı denizüstü RES'lerden oluşmuştur. Denizüstü RES uygulamalarında inşaat maliyetini düşürebilecek konseptler üzerinde ve derin deniz offshore RES'leri konularında çalışmalar sürmektedir. Denizüstü RES alanındaki çalışmalar yeni sualtı temel konseptleri, yüzer platformlar üzerinde yoğunlaşmış durumdadır.

Düşen LCoE değerleri ile rüzgar enerjisi santralleri, fosil enerji santrallerinde daha ucuz ve avantajlı hale gelmiştir. Ancak bir önceki bölümde de açıklandığı üzere LCoE değerlerinin düşmesinde teknoloji gelişiminin yanı sıra finansman modellerindeki değişimde önemli rol oynamıştır. LCoE değerinin hızlı düşmesine üretim maliyetlerindeki düşüş aynı ivme ile eşlik edemediği için düşük LCoE değerleri rüzgar türbin üreticileri üzerinde baskı yaratmış ve yaratmaya devam etmektedir. Düşük LCoE değerleri ile uyumlu rekabetçi rüzgar türbin modelleri üretebilmek için özellikle 2018 ve 2019 yılında çok sayıda yeni model rüzgar türbini geliştirilerek ticari olarak pazarın hizmetine sunulmuştur.

Karasal rüzgar türbinlerinde, 2018 yılında 50 tane ve 2019 yılında ise 60 tane yeni model ticarileştirilerek pazarın hizmetine sunulmuştur (Şekil 5). 2016 yılı referans alındığında 2019 yılında yeni model sayısı %215 civarında artış göstermiştir [11]. Rüzgar türbin modellerinde ki bu hızlı dönüşüm, rüzgar türbin üreticileri üzerinde araştırma ve geliştirme (ArGe) maliyetleri konusunda büyük bir baskı yaratmıştır. Karasal rüzgar türbinlerinde 2019 ve 2020 LCoE değerleri durağan pozisyona gelmiştir ve 40 \$/MWh civarında seyretmektedir. LCoE değerinin

durağanlaşmasından dolayı karasal rüzgar türbinlerinde 2020-2023 döneminde yeni rüzgar türbini geliştirme eğiliminde düşüş beklenmektedir. Bu dönemde daha çok yeni model geliştirmek yerine mevcut rüzgar türbinlerinin LCoE değerlerine göre optimize edilmesine yönelik çalışmaların yapılması beklenmektedir. Rüzgar türbin üreticisi olan şirketler kısa zaman aralığında çok fazla sayıda yeni rüzgar türbinini pazarın hizmetine sunabilmek için yüksek miktarlarda Araştırma ve Geliştirme (ArGe) harcaması yapmak zorunda kalmışlardır ve bu dönemde de yüksek ArGe harcamalarından dolayı şirket karlılıklarının optimize edilmesi çok zor olmuştur. Rüzgar türbin üreticilerinin orta vadede karlılıklarını optimize edebilmek için yeni rüzgar türbinleri için yapılacak ArGe harcamalarında daha seçici olmaları beklenmektedir.



Şekil 5. 2010 ve 2023 yılları arasında küresel ölçekte yeni geliştirilen rüzgar türbin sayısı (2021,2022 ve 2023 yıllarına ait veriler Wood Mackenzie sektör öngörülerine dayanmaktadır) [11]

Denizüstü rüzgar türbin teknolojisi henüz olgunluk seviyesine ulaşmamıştır ve önümüzdeki yıllarda deniz üstü rüzgar LCoE değerlerinde düşüş eğiliminin sürmesi beklenmektedir. Bunun doğal sonucu olarak denizüstü rüzgar türbinlerinde yeni model geliştirme eğiliminin devam edeceği öngörülmektedir (Şekil 5).

Son yıllarda rüzgar enerjisi sektöründeki önemli eğilimlerin başında rotor çaplarının sürekli artmasıdır. 2014’de yeni kurulumu yapılan rüzgar türbinlerinin %79,98’i 80-110 m. arasında rotor çapına sahip rüzgar türbinlerinden oluşmaktaydı. 2019 yılında ise 80-110 m. arasında rotor çapına sahip yeni kurulan rüzgar türbinlerinin oranı %12,41’e gerilemiştir. Buna karşın yeni kurulan rüzgar türbinleri içinde 111-140 m. arasında çapa sahip rüzgar türbinlerinin 2014 yılında ki oranı sadece %11,6 iken 2019 yılında bu gruptaki yeni rüzgar türbinlerinin oranı % 83,24’e yükselmiştir (Çizelge 1) [12]. 2014 ve 2019 yılları arasına rüzgar türbinlerinde rotor çapları açısından önemli bir paradigma değişimi yaşanmıştır.

Çizelge 1. Yeni kurululan rüzgar türbinlerinin rotor çaplarına göre dağılımı (2014 ve 2019) [12]

Rüzgar Türbin Rotor Çapları (m.)	2014	2019
	% Dağılımı	% Dağılımı
< 80 m.	8,41	1,11
80-85 m.	12,42	0,86
86-90 m.	18,04	0,85
91-100 m.	27,42	3,18
101-110 m.	22,1	7,52
111-120 m.	9,48	21,09
121-130 m.	1,99	24,84
131-140 m.	0,13	27,68
141-150 m.	0,01	9,63
> 150 m.	0	3,25

Günümüzde 160-200 m. rotor çapına sahip mega makine statüsünde kabul edilen rüzgar türbinleri yeni normal haline gelmiştir. Bu ölçekteki rüzgar türbinleri minimum alanda maksimum nominal gücü sağlama açısından önemli avantajlar sağlamaktadır ancak mega makine ölçeğindeki uzun rotor çapına ve yüksek kulelere sahip rüzgar türbinlerinde lojistik konusunda problemlerle karşılaşmaktadır. Bu sebeple 2 parçalı kanat tasarımları, segment sayısı artırılmış kuleler, proje yerinde kule üretimi gibi çeşitli alternatif çözümler üretilmeye çalışılmaktadır.

5. SONUÇ

Covid-19 salgının küresel ekonomi üzerinde yaratmış olduğu olumsuz etkilerden dolayı 2020 yılında küresel enerji talebinde ikinci dünya savaşından beri görülmeyen bir çöküş yaşanmıştır. Küresel enerji talebindeki çöküşün olumsuz etkileri neredeyse yenilenebilir enerji yatırımları dışındaki tüm enerji yatırımlarında hissedilmiştir. Yenilenebilir enerji sektörünün Covid-19 salgının enerji yatırımları üzerinde yaratmış olduğu olumsuz daha az etkilenmesinin en önemli sebebi yenilenebilir enerji teknolojilerinin başta güneş PV ve karasal rüzgar türbin teknolojileri olmak üzere fosil enerji teknolojilerine göre LCoE değerinin düşük olması yani daha ucuz ve ekonomik olarak uygulanabilir olmasıdır. Önümüzdeki yıllarda yeni yapılacak enerji yatırımlarında düşmekte olan LCoE değerleri ile hem gelişmiş hem de gelişmekte olan ülkelerde öne çıkan teknoloji türü yenilenebilir enerji teknolojilerinin olması beklenmektedir.

2020 yılında küresel olarak rüzgar enerji sektöründe 93 GW yeni kurulum gerçekleştirilmiş ve bir rekor yıl yaşanmıştır. Bunun en önemli sebebi Çin'de ki yatırımcıların teşvikler sona ermeden 2020 sonuna yetiyecek şekilde rüzgar enerji projelerini hızlandırmaları olmuştur.

Rüzgar enerji sektöründe 40 \$/MWh civarındaki düşük LCoE değeri rüzgar enerjisi yatırımlarına ivme kazandırmıştır. Rüzgar enerjisi sektöründe orta vadedeki sıcak konu başlıkları, düşük rüzgar hızlarında çalışabilen daha büyük nominal güce sahip rüzgar türbinleri, offshore rüzgar enerjisi pazarındaki gelişmeler, ihale ve ikili enerji satış anlaşmalarına bağlı olarak piyasada özellikle rüzgar türbin komponentlerinin üretimi konusunda oluşan maliyet baskısı kabul edilebilir.

2021 yılı ilk çeyrek için küresel enerji talebi incelediğinde %4,6 oranında artış olduğu görülmektedir. Aşı konusunda yürütülen çalışmalar ile Covid-19 salgını kontrol altına alınabilmesi ve bunun sonucu olarak 2021 yılı ilk çeyreğinde yaşanan enerji talebindeki artış eğiliminin devam etmesi halinde enerji sektöründe yaşanan talep kaynaklı krizin derinleşmesi önlenebilir. Diğer taraftan 2021 yılı ilk çeyreğinde enerji talebindeki %4,6'lık yükseliş dikkate alındığında IEA tarafından 2021 yıl sonu itibariyle küresel CO₂ emisyonların %4,8 artacağı öngörülmektedir [3]. Her ne kadar yeni yapılan enerji üretim yatırımları yenilenebilir enerji tarafından gelse bile mevcut fosil enerji santralleri toplam küresel elektrik arzının yaklaşık %64'nü karşılamaktadır [13]. Bu nokta da geri gelen enerji talebinin yenilenebilir enerji kaynaklarından karşılanabilmesi CO₂ emisyonlarının kontrol altına alınabilmesi için büyük önem taşımaktadır. Yenilenebilir enerji yatırımlarının ivmesinde düşüş olması halinde hızlı artan enerji talebi mevcut kurulu fosil enerji santralleri tarafından karşılanacaktır ki bu durum küresel CO₂ emisyonlarındaki artış ivmesini yükseltebilir ve zaten kritik aşamada bulunan iklim rejimi üzerinde katastrofik etkiler yaratabilir.

KAYNAKLAR

- [1] **Sevim, C.** 2020. World Order After Covid-19 Pandemics-1, *Diplomatic Observer*, issue 147, Ankara, pp.26-28.
- [2] **International Energy Agency (IEA).** 2020. Global Energy Review 2020 , Paris, s. 11-15.
- [3] **International Energy Agency (IEA).** 2021. Global Energy Review 2021 , Paris, s. 6,8,9,14,17,20.
- [4] **International Energy Agency (IEA).** 2020. World Energy Outlook 2020 Presentation, Paris.
- [5] **Sevim, C.** 2020. The Effects of Covid-19 on the Global Energy Sector, *Diplomatic Observer*, issue 149, Ankara, pp.15-17.
- [6] **Sevim, C.** 2020. Yeni Enerji Jeopolitiğine Genel Bakış, *İzmir Sosyal Bilimler Dergisi*, cilt 2, sayı 2, s.57-63.
- [7] **Lazard.** 2020. Levelized Cost of Energy Analysis Version 14.0., New York, s.2-9.
- [8] **International Energy Agency (IEA).** 2020. World Energy Investment 2020, Paris, s.68.
- [9] **Global Wind Energy Council (GWEC).** 2021, Global Wind Report 2021, Brussel, s.50-53.
- [10] **International Energy Agency (IEA).** 2020. Renewable Energy Market Update, Paris, s.4-21.
- [11] <https://www.woodmac.com/news/opinion/three-global-wind-turbine-technology-trends-to-watch/>, (Erişim tarihi 05.05.2021)
- [12] <https://gwec.net/gwec-launches-the-global-wind-turbine-rotor-diameter-database-as-part-of-its-market-intelligence-platform/>, (Erişim tarihi 24.05.2021)
- [13] **International Energy Agency (IEA).** 2020. Key World Energy Statistics, Paris, s.30.