



Türkiye ve Dünyada Güneş Enerjisi Sektörü

Aralık 2021

İçindekiler

	Önsöz	03
1	Sürdürülebilirlik ve Net Sıfır Hedefleri	04
2	Net Sıfır'a Giden Yolda Güneş Enerjisi'nin Rolü	19
3	Güneş Enerjisi Sistemleri ve Küresel Panel Endüstrisi	38
4	Türkiye'de Güneş Enerjisi ve Panel Üretim Faaliyetleri	56
5	Ekler	76

Önsöz



Murat Çolakoğlu
PwC Türkiye
Enerji, Altyapı ve Doğal
Kaynaklar Sektörü Lideri



Serkan Aslan
PwC Türkiye, Ortak
Danışmanlık Hizmetleri



Engin İyikul
PwC Türkiye, Ortak
Danışmanlık Hizmetleri



Mehmet Özenbaş
PwC Türkiye, Direktör

Dünya, küresel ısınma ve iklim krizlerinin yaratabileceği potansiyel tehlikeleri azaltmak ve yarını daha “sürdürülebilir” kılmak hedefiyle küresel ısınmanın bir numaralı sebebi karbondioksit gazının salımını önce kontrol altına almak sonra da sınırlamak için eşi benzeri görülmemiş bir çaba içine girmiştir. Her geçen gün ülkeler ortak net sıfır hedefine doğru ilerlemek ve karbon ayak izlerini sınırlamak için taahhütlerini artırmaktadırlar ve bunu planlarla desteklemektedirler.

Sürdürülebilir geleceğin inşasında yenilenebilir enerji kaynaklarının elektrik üretimi içerisindeki payının artırılması en önemli projelerden biridir. Bu misyon doğrultusunda, güneş enerjisi her geçen gün daha fazla öne çıkmaktadır. Son 20 yılda, dünyada güneş enerjisi kurulu gücü yıllık %33,2 büyüme oranıyla artarak 2020 yıl sonu itibarıyla 710 GW kurulu güce ulaşmıştır. Sürdürülebilir bir gelecek için güneş enerjisi kurulu gücünün 2050 yılında 9 TW'nin üzerine çıkacağı öngörülmektedir.

Türkiye’de yenilenebilir enerji kaynaklardan gelen kurulu güç son 10 yılda artarak toplam kapasitenin Ekim 2021 itibarıyla %54’üne ulaşmıştır. Türkiye’nin ulusal enerji stratejisi doğrultusunda kendine koyduğu yenilenebilir enerji hedefleri Net Sıfır vizyonu ile örtüşmektedir. Güneş enerjisinin ısıtma amaçlı kullanımında dünya 3.’sü olan Türkiye, güneşten elektrik enerjisi elde etme alanında da, özellikle son 5 yılda, çok hızlı gelişme göstermiştir. Ülkemizin ışınım potansiyeli, önemli güneş enerjisi pazarlarına yakın mesafede bulunması ve panel üretiminde kullanılan önemli kaynaklara sahip olmamız nedeniyle güneş enerjisi sektörü ülkemiz için stratejik bir önem taşımaktadır. Güneş enerjisi teknolojileri geliştiren ve bu alanda mühendislik hizmet veren Türk şirketlerinin yurtiçinde tamamladığı projelerin yanı sıra çeşitli ülkelere yaptığı panel ihracatları ve yurtdışında verdiği kurulum hizmetleri Türk şirketlerinin çok kısıtlı bir sürede bile bu alanda önemli bir yol kat ettiğinin göstergesidir.

PwC Türkiye olarak, güneş enerjisi sektörünün küresel ve yerel bakış açısıyla; tarihsel gelişimini, mevcut durumunu ve gelecek beklentilerini aktarmak adına hazırlamış olduğumuz araştırma çalışmasını sizlerle paylaşmaktan gurur duyuyoruz. Çalışmamız aracılığıyla Türkiye’nin güneş enerjisi sektöründeki potansiyelinin farkındalığını arttırmayı ve halka açık kaynaklarda şeffaf olarak paylaşılan değerli bilgileri tek bir kaynaktan, kolay ve anlaşılır şekilde sunmayı amaçlıyoruz.


Sürdürülebilirlik ve Net Sıfır Hedefleri





“Sürdürülebilirlik” ve “Sürdürülebilir Kalkınma” kavramları, gelecek nesillerin ihtiyaçlarını karşılama yeterliliğinden ödün vermeden günümüzün ihtiyaçlarını karşılamak olarak tanımlanabilmektedir.


Eylül 2015'te Birleşmiş Milletler Sürdürülebilir Kalkınma Zirvesi'nde dünya liderlerinin üzerinde uzlaştıkları 2030 Gündemi kapsamında yer alan **17 adet Sürdürülebilir Kalkınma Hedefi**, 1 Ocak 2016 itibariyle resmi olarak uygulamaya alınmıştır. Birleşmiş Milletler, Sürdürülebilirlik kavramını bu hedefler üzerinden tanımlamaktadır.

Ekonomi

8 İnsana Yakışır İş ve Ekonomik Büyüme 


9 Sanayi, Yenilikçilik ve Alt Yapı 


10 Eşitsizliklerin Azaltılması 


12 Sorumlu Üretim ve Tüketim 


Sürdürülebilir kalkınma sadece çevresel kaygılarla sınırlı değildir. Tam olarak anlaşılabilmesi için **çevresel (E - environmental), sosyal (S - social) ve yönetim (G - governance)** olmak üzere üç boyutta incelenmelidir.

Toplum

1 Yoksulluğa Son 

2 Açlığa Son 

3 Sağlık ve Kaliteli Yaşam 

4 Nitelikli Eğitim 

5 Toplumsal Cinsiyet Eşitliği 


7 Erişilebilir ve Temiz Enerji 


11 Sürdürülebilir Şehirler ve Topluluklar 


16 Barış, Adalet ve Güçlü Kurumlar 


Sürdürülebilir kalkınma boyutlar arası denge gözetilerek ve her alanda gelişme hedeflenmesi durumunda gerçekleştirilebilir.

Çevre

6 Temiz Su ve Sanitasyon 

13 İklim Eylemi 

14 Sudaki Yaşam 

15 Karasal Yaşam 

İklim krizinin ve kaynak kıtlığının, büyük ölçekli kentleşmenin, hızlanan teknolojik gelişmenin ve diğer mega trendlerin etkileri giderek daha belirgin hale geldikçe sürdürülebilirlik riskleri ortaya çıkmaktadır. Sürdürülebilirliğe yönelik baskıların kritik bir noktaya ulaşmasıyla şirketler, dönüşümlerini hızlandırmaya odaklanmışlardır. ESG kriterlerine uyum sağlayan şirketler sürdürülebilir kalkınmaya katkı yapabilecek şekilde geleceğini kurgulayabileceklerdir.

17 Amaçlar için Ortaklıklar 

Sürdürülebilirlik ve ESG'nin Temel Konuları



ESG; sürdürülebilir kalkınmayı mümkün kılmak ve şirketlerin kendilerini yeni sürdürülebilir düzene uygun hale getirmeleri için dikkate almaları gereken en önemli ana faktörleri ifade etmektedir.

Sürdürülebilirlik

Çevresel (Environmental)

- Enerji verimliliği
- Yenilenebilir Kaynakların Kullanımı
- Karbon Salımı
- Küresel Isınma ve İklim Değişikliği
- Biyoçeşitlilik

Sosyal (Social)

- Çeşitlilik ve Kapsayıcılık
- İnsan Hakları
- Veri Güvenliği ve Gizliliği
- Sağlık Hizmetlerine Erişim
- Yerel Topluluk İlişkileri
- Çalışan Hakları
- Etik ve İş Ahlakı

Yönetişim (Governance)

- Yönetim Kurulu Yapısı
- Yönetici Sorumlulukları
- Kurumsal Risk Yönetimi
- İş Davranış Kuralları
- Rekabete Uygun Davranış
- Yolsuzlukla Mücadele
- Vergi Şeffaflığı

Günümüze göre 2030 küresel talep öngörüsü



%50 daha fazla enerji



%40 daha fazla su



%35 daha fazla gıda

Vatandaşlar devletlerden, müşteriler şirketlerden, finansörler girişimcilerden kısacası sosyal ve ekonomik hayatın bütün aktörleri birbirlerinden ama hepsinin özünde toplumlar karar alıcılardan ve sermaye sahiplerinden sürdürülebilir kalkınma kavramına uygun olduklarını kanıtlamalarını talep etmektedir.

Strateji

ESG'nin etkisini ve önemini anlayan ve yalnızca buna göre hareket etmekte kalmayıp, onu kurumsal ve iş stratejilerinin ayrılmaz bir parçası haline getiren şirketler, büyüme fırsatlarını belirleme, itibarı artırma, finansmana erişimi kolaylaştırma ve yetenek edinme konusunda rekabette öne çıkma potansiyeline sahiptir.

Raporlama

Şirketlerin karar vermekte yalnızca geleneksel finansal raporlama yöntemlerine güvenemeyecekleri konusunda artan bir fikir birliği bulunmaktadır. Sürdürülebilir dönüşümü destekleyen yenilikçi şirketler; çalışanlarının ve iş ortaklarının görüşleri ve talepleri, sosyal beklentiler ve iklim değişiminin getirdiği yeni sorumluluklar gibi konuları da takip ederek karar alma süreçlerinin parçası haline getirmektedirler.

Dönüşüm

Belirlenen amaç ve hedefleri etkin bir şekilde yerine getirebilmek için şirketlerin, ESG'yi tüm süreçlerine, teşvik programlarına, günlük operasyonlarına ve karar alma süreçlerine yansıtarak çalışma şekillerini değiştirmeleri gerekmektedir.

Kaynak: UNFCCC, PwC Net Zero by 2030

Aralık 2021

ESG kriterleri şirketlerin yarının dünyasını oluşturmaları için rehberlik sağlamaktadır. Şirketlerin varlığını devam ettirmesi, finansmana daha kolay erişebilmesi ve değerini yükseltmesi için ESG kriterlerine uyum sağlamaları gerekmektedir.

- 1 Büyüme
- 2 Maliyet azaltma ve verimlilik artışı
- 3 Daha az düzenleyici müdahale
- 4 Sermaye maliyeti
- 5 Yatırım ve varlık optimizasyonu

ESG'nin Değere Etkisi



Yapılan çalışmaların **%90**'i ESG kriterlerine uymanın sermaye maliyetini düşürdüğünü göstermektedir.



Araştırmaların **%88**'i, sağlam ESG uygulamalarının daha iyi operasyonel performansla sonuçlandığını göstermektedir.



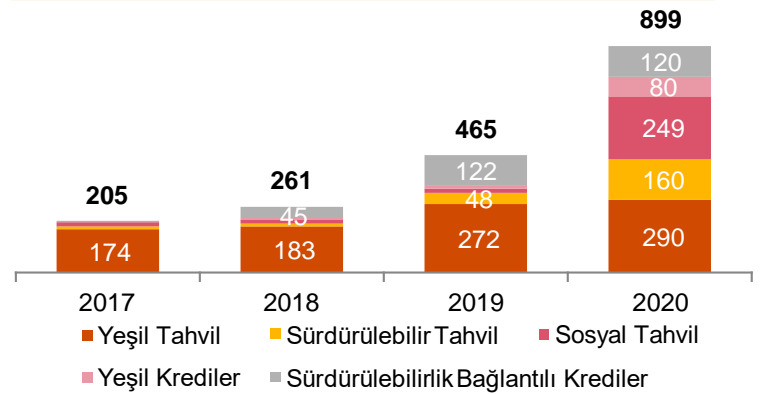
Yapılan çalışmaların **%80**'i, hisse senedi fiyatının sürdürülebilirlik adına yapılan uygulamalardan olumlu etkilendiğini göstermektedir.



Yapılan çalışmaların **%63**'ü, ESG performansının öz sermaye getirilerini olumlu etkilediğini bulmuştur.

Grafik 1

Küresel Sürdürülebilir Borçlanma Piyasasındaki İhraçlar (milyar \$)



ESG ve Sürdürülebilir Finans

Sürdürülebilir yatırım seçenekleri artan getirileri sayesinde yatırım portföyleri içerisinde gittikçe kendilerine daha fazla yer bulabilmektedirler.

Finansal araştırma hizmetleri sunan Morningstar, yapmış olduğu araştırmada sürdürülebilir ve borsada işlem gören fonların performansını diğer geleneksel fonlarla karşılaştırmıştır. Aşağıda sonuçlarına yer verilen çalışma, 745'i sürdürülebilir fon olmak üzere Avrupa'da işlem gören 4.900 fonu kapsamaktadır.

Avrupa merkezli **745** sürdürülebilir fonun bir, üç, beş ve on yıllık getirilerinin ESG ile uyumlu olmayan fonlardan daha iyi sonuç verdiği ortaya çıkmıştır.

Sürdürülebilir fonların, COVID-19'un tetiklemiş olduğu piyasa satışları sırasında geleneksel fonların ortalama **%1,83** üzerinde getiri sağladığı görülmüştür.

Sürdürülebilir fonlar, ESG uyumlu olmayan finansal araçlardan daha uzun ömürlüdür. 10 yıl önce var olan ESG fonlarının ortalama **%77**'si hala mevcutken, bu oran geleneksel fonlar için **%46** seviyesindedir.

Kaynak: BloombergNEF, Climate Bonds Initiative, Morningstar

Paris İklim Anlaşması ve Avrupa Yeşil Mutabakatı, küresel seviyede sürdürülebilir kalkınmayı iklim değişikliği ekseninde destekleyen en önemli iki girişimdir. Anlaşmalara taraf olan ülkeler ve bu ülkelerde faaliyet gösteren şirketler ve kamu kurumları, anlaşma vizyonları ve yerel kapasiteleri doğrultusunda belirlemiş oldukları hedeflere ulaşmayı ve iklim değişikliğinin istenmeyen sonuçlarını önlemeyi amaçlamaktadır.

Paris İklim Anlaşması

Paris İklim Anlaşması, iklim değişikliğiyle mücadele için dünyadaki tüm ulusları bir araya getirmeyi amaçlamaktadır. **12 Aralık 2015**'te Paris'te düzenlenen COP21'de kabul edilen anlaşma, **4 Kasım 2016**'da yürürlüğe girmiştir. Amacı, küresel ortalama sıcaklık artışını sanayi öncesi döneme göre **2°C** altında, tercihen **1,5°C** ile sınırlandırmaktır. Uzun vadeli sıcaklık hedefine ulaşmak için ülkeler, mümkün olan en kısa sürede sera gazı salımının azaltılması için gerekli yasal çerçeveleri oluşturmaktadır.

Paris İklim Anlaşması'nın uygulanması, ekonomik ve sosyal dönüşümü gerektirmektedir. Bu kapsamda ülkeler, hedeflerine ulaşmak amacıyla sera gazı salımını azaltmak için **Ulusal Katkı Beyanlarını (NDC)** olarak bilinen ulusal katkı beyanlarını BM'ye sunmaktadır.

Türkiye 6 Ekim 2021 tarihi itibarıyla Paris İklim Anlaşması'nı onaylamış ve 2030 yılına kadar ulaşmayı hedeflediği ulusal katkı yananını BM'ye sunmuştur. Bu kapsamda, **Türkiye 2030 yılına kadar karbon salımını mevcut duruma göre %21 azaltmayı, 2053 yılında ise sıfır net karbona ulaşmayı hedeflemektedir.**

Avrupa Yeşil Mutabakatı

11 Aralık 2019'da yayınlanan Avrupa Yeşil Mutabakatı (European Green Deal) iklim değişikliği ve çevresel zorluklarla mücadele için Avrupa Birliği'nin bir yol haritasıdır. Anlaşma ile amaçlanan, 2030 yılına kadar karbon salımını en az **%55 azaltmak**, 2050 yılında ise **"0" karbon salımı** gerçekleştirmektir. Bu kapsamda sanayi kuruluşlarına belirli bir emisyon hakkı tanınmakta ve bu hakkın üzerinde karbon salımı ücretlendirilmektedir. Üretim şirketleri sıfır karbona yaklaşmadığı durumda karbon emisyon primi satın alarak karbon ayak izini sıfırlamaktadır.

AB'ye ihracat gerçekleştirmek için şirketlerin karbon ayak izi raporunu sunması, bunu belgeleyemediği durumlarda ise 2026 itibarıyla sınırdaki karbon vergisi ödemesi zorunludur.

Bu konuda Türkiye'de yapılan çalışmalar:

- **Yeşil Mutabakat Eylem Planı**'nin yürürlüğe girmesi,
- Yenilenebilir Enerji Kaynak Garanti (**YEK-G**) Sistemi'nin onaylanması ve devreye alınması.

Belirlenen Hedefler

Karbon salımının azaltılması (2030'a kadar)



%55

Net Sıfır Karbon Salımı

2050

Karbon salımının azaltılması (2030'a kadar)

%55

Net Sıfır Karbon Salımı

2050



Küresel ısınma üst sınırı

1,5°C

Elektrik Üretiminde Yenilenebilir Payı (2030'a kadar)

%40

Sınırdaki Karbon Düzenleme Mekanizması (Carbon Border Adjustment Mechanism - CBAM) 2025 yılının sonuna kadar bir geçiş dönemini kapsayacak olup 2026 yılı itibarıyla sınırdaki karbon ödemesi zorunlu hale gelecektir. Bu düzenleme ilk aşamada, karbon salımı en yüksek olan **çimento, demir çelik, alüminyum, gübre ve elektrik üretimi** sektörlerine odaklanacaktır.

Kaynak: UNFCCC, Avrupa Komisyonu

Tüm ülkelerin 1,5°C hedefini canlı tutmak ve Paris Anlaşması'nın öne çıkan unsurlarında daha efektif iş birliği yapmayı kabul etmesiyle sonuçlanan COP26, önceki yıllardaki iklim toplantılarından çok daha fazla ilgi toplamıştır.

151 ülke 2030 yılına kadar karbon salımını azaltmak için ulusal katkı beyanlarını olumlu yönde revize etmişlerdir.

Karbon salımında büyük bir payı olan bazı ülkelerin (özellikle Avustralya, Çin, Suudi Arabistan, Brezilya ve Rusya) 2030 hedeflerinin çok zayıf olması, net sıfır hedeflerine ulaşmaları konusunda güvensizlik yaratmaktadır.

COP26 ile ortaya çıkan Glasgow İklim Paketi, ulusların metan gibi CO₂ harici küresel ısınma ve iklim değişimini tetikleyen gaz salımını kontrol etmek için daha fazla önlem önererek "fosil yakıtın aşamalı olarak azaltılması" ihtiyacını vurgulamaktadır.

2009 yılında gelişmiş ülkeler, gelişmekte olan ülkelerdeki iklim çabalarını desteklemek için 2025 yılına kadar yılda **100 milyar \$** yatırım taahhüdünde bulunmuştur. COP26'da, ülkelerin 2020'de bu hedefe ulaşamadığı belirtilmiş (OECD tahminleri, toplam iklim finansmanının 2019'da **79.6 milyar \$**'a ulaştığını göstermektedir), ülkelerin bu hedef doğrultusunda ilerlemelerini raporlamaları şart koşulmuştur.

Ortak Zaman Çerçevesi Paris Anlaşması'nın "Kurallar Kitabı" ile ülkeler, ulusal katkı beyanları için ortak zaman çerçevesi kullanmaya teşvik edilmiştir. Bu durum, 2025 yılında ortaya konan taahhütlerin 2035'de gerçekleşmesi gerektiği, 2030 yılı taahhütlerinin ise 2040 yılına yetişmesi gerektiği gibi taahhütlerin hayata geçirilme zaman planlarına dair net sınırlar getirmektedir.

Şeffaflık Tüm ülkeler, ortak ve standartlaştırılmış bir dizi format ve tablo kullanarak karbon salımlarını ve mali, teknolojik ve kapasite geliştirme desteği hakkında bilgileri sunmayı kabul etmiştir.



109 ülke, 2030 yılına kadar karbon salımlarını %30 azaltmak için Küresel Metan Taahhüdü'ne ve 141 ülke, orman kaybını ve arazi bozulmasını 2030 yılına kadar durdurma ve tersine çevirme taahhüdüne imza atmıştır.



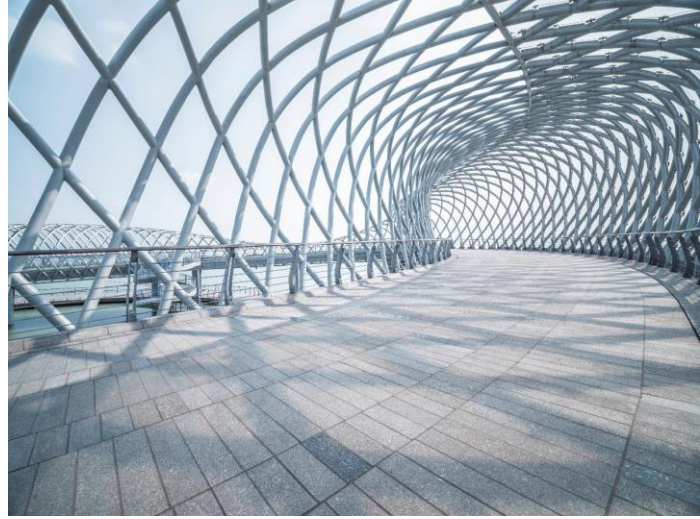
46 ülke, yerli kömürü aşamalı olarak kaldırma taahhüdünde bulunurken, 29 ülke 2022 yılının sonuna kadar fosil yakıtlar için doğrudan kamu desteğini sona erdirmeye ve yeşil enerjiye yönelme taahhüdünde bulunmuştur.



Fransa, Grönland, İrlanda, İsveç ve Galler üyelerinden oluşan Kosta Rika ve Danimarka liderliğindeki Petrol ve Gaz Ötesi İttifakı, petrol ve gaz arama ve üretimi için yeni lisanslama turlarını sona erdirmek hedefinde Paris İklim Anlaşması ile tutarlı bir bitiş tarihi belirlemiştir.



Türkiye'nin de aralarında bulunduğu 34 ülke, 41 şehir ve 11 büyük otomobil üreticisi, 2040 yılına kadar küresel olarak ve en geç 2035 yılına kadar önde gelen pazarlarda yalnızca sıfır emisyonlu araçlar satmaya yönelik çalışmayı kabul etmiştir.



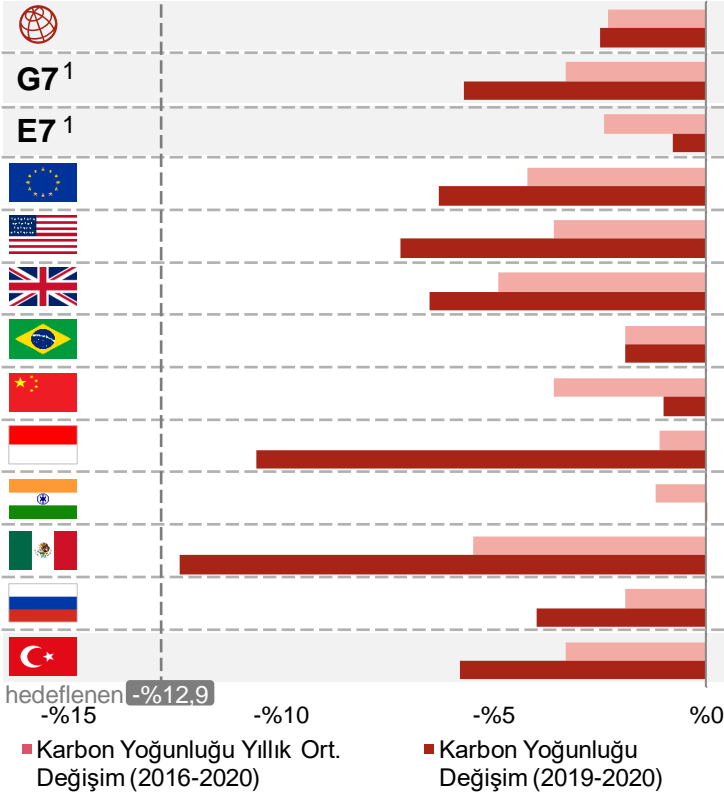
COP26'da ülkeler 2022'de iyileştirilmiş hedeflerle geri dönmeyi kabul etmiştir:

- 2030 karbon salımını azaltma hedeflerini tekrar gözden geçirerek güçlendirme
- 2022 yılı içerisinde 2050 net sıfır karbon hedefi doğrultusundaki stratejileri geliştirme

G20 ülkeleri küresel ısınmayı **1,5°C** ile sınırlamak için 2016 yılından beri gerekli ortalama **%12,9**'luk dekarbonizasyon oranına ulaşamamış, gerçekleşen oranlar, 2015 yılında Paris İklim Anlaşması'nın kabul edilmesinden günümüze çok az iyileştirme göstermiştir.

Grafik 2

Ülkelere Göre Karbon Yoğunluğu Değişimi (%)



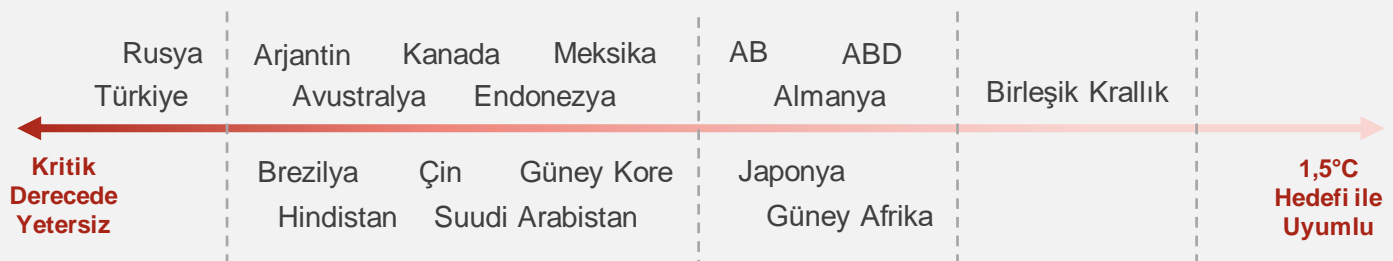
Ülkelerin farklı gelişim aşamaları ve sosyo-ekonomik temellere sahip olması nedeniyle, dekarbonizasyon oranları farklılık göstermektedir.

2020 yılında tüm ülkelerin ortalama dekarbonizasyon oranı **%2,5** olarak gerçekleşirken bu oran G7 ve E7 ülkelerinde sırasıyla **%5,7** ve **%0,8** olmuştur.

Toplam karbon salımının **%76,3**'ünü oluşturan G20 ülkelerinin 2016 yılından beri ortalama yıllık dekarbonizasyon oranlarının **%0,6**-**%5,5** arasında değiştiği görülmektedir.

2020 yılında ortalamanın üzerine çıkan değişim oranları, büyük ölçüde COVID-19 pandemisi nedeniyle uygulanan ekonomik kısıtlamalar sonucu karbon salımındaki azalmadan kaynaklanmıştır.

Climate Action Tracker (CAT), G20 ülkelerinin Net Sıfır karbon hedefi doğrultusunda ilerlemelerini analiz etmiştir. CAT'in derecelendirme sistemine göre, çoğu G20 ülkesi hedefler konusunda **"son derece yetersiz"** veya **"kritik derecede yetersiz"** olarak derecelendirilmiştir.



Birçok ülke taahhütlerini güçlendirmiş olsa da, mevcut durum itibarıyla G20 ülkelerinin kolektif planlarının küresel ısınmayı 1,5°C ile sınırlama hedefini sağlamada yetersiz kalacağı tahmin edilmektedir.

Alınabilecek Aksiyonlar

- 1,5°C hedefine ulaşmak için iklim politikalarının ve aksiyonlarının güçlendirilmesi
- Yenilenebilir enerji yatırımlarının artırılması
- Gelişmiş ülkelerin iklim finansmanı katkılarını artırması

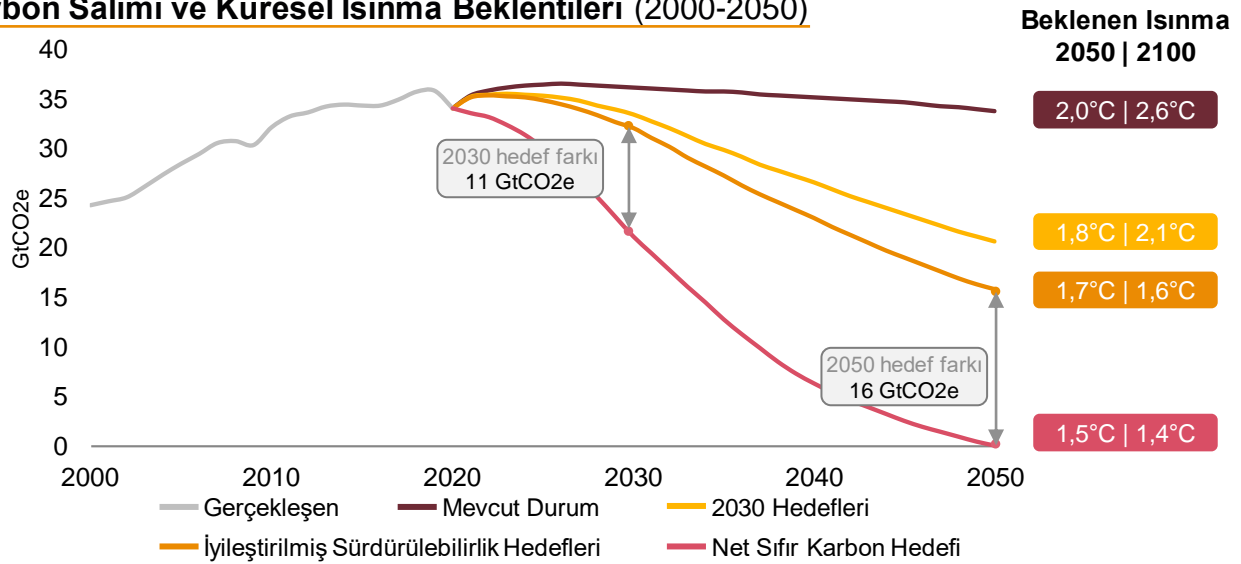
¹G7: Kanada, Fransa, Almanya, İtalya, Japonya, Birleşik Krallık ve ABD, E7: Çin, Hindistan, Brezilya, Meksika, Rusya, Endonezya ve Türkiye

Paris İklim Anlaşması ve Avrupa Yeşil Mutabakatı'na taraf olan ülkelerin açıkladığı ulusal iklim değişikliği planları ile orta (2030) ve uzun (2050) vadeli hedefler arasında tutarsızlık bulunmaktadır. Mevcut planların eksiksiz uygulanması halinde bile hedeflenen karbon salımı seviyelerine ulaşılması mümkün gözükmemektedir.

Küresel ısınmayı 1,5°C ile sınırlamak ve gereken dekarbonizasyon oranlarına ulaşmak için hükümetlerin ulusal katkı beyanlarını revize etmeleri ve daha sert önlemler almaları gerekmektedir. Gerçekleşen COP26 kapsamında yaklaşık 90 hükümet revize edilmiş ulusal katkı beyanlarını sunmuş, ancak hepsi taahhütlerini artırmamıştır. 2030 hedeflerinin tutturulması ancak onun ötesinde önemli ek bir kazanım gerçekleşmemesi durumunda, yüzyıl sonuna kadar ısınmanın 2,1°C ile sınırlanabileceği öngörülmektedir.

Grafik 3

Karbon Salımı ve Küresel Isınma Beklentileri (2000-2050)



Mevcut Durum

Mevcut durumda açıklanıp uygulamaya konan hedeflerin yüzyılın sonuna kadar ısınmayı 2,6°C ile sınırlaması tahmin edilmektedir.

2030 Hedefleri

Mevcut 2030 hedeflerinin (ülkelerin açıkladıkları Ulusal Katkı Beyanları "NDC" dahil ancak daha uzun vadeli taahhütler olmaksızın), yüzyılın sonuna kadar sıcaklık artışını 2,1°C ile sınırlı tutacağı öngörülmektedir.

İyileştirilmiş Sürdürülebilirlik Hedefleri

Açıklanan NDC'lerin yanı sıra Sürdürülebilirlik Kalkınma Amaçları kapsamındaki enerji ile ilgili hedeflerin uygulanması durumunda sıcaklık artışı 2100 yılına kadar 1,6°C ile sınırlı kalabilecektir. Ancak bu "iyimser senaryo" yalnızca tüm hedeflerin uygulanması durumunda geçerli olacaktır.

Net Sıfır Karbon Hedefi

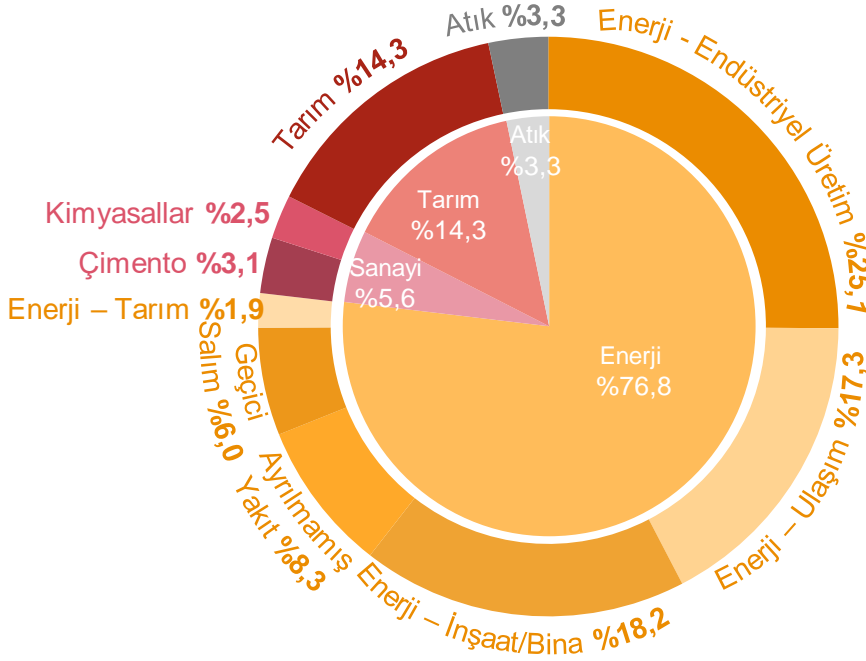
2050 yılında Net Sıfır Karbon hedefine ulaşılması durumunda 2050 yılında küresel ısınmanın 1,5°C ile sınırlı kalması ve yüzyılın sonuna kadar 1,4°C seviyesine düşmesi beklenmektedir.

Küresel ısınmayı 1,5°C ile sınırlama hedefine ulaşmak için ülkelerin 2030 NDC'lerini de kapsayan iyileştirilmiş sürdürülebilirlik hedeflerini yerine getirmesi durumunda bile 2050 yılında 16 GtCO₂e seviyesinde bir fark oluşması beklenmektedir. Bu durum, şu anda çok zor olmasına rağmen en iyimser senaryoya göre bile sıfır net karbon hedefinin tutturulamayacağı tahmin edildiğini göstermektedir.

Enerji, ulaşım ve endüstriyel üretim yapan sanayi kollarının faaliyetlerinden ortaya çıkan karbon salımı ile binalarda ısınma amaçlı ve çoğunlukla fosil yakıtlarından faydalanılan sistemlerin neden olduğu karbon salımlarının, orta ve uzun vadeli hedefler dahilinde, belli dönüşüm planları ile azaltılması hedeflenmektedir.

Grafik 4

Sera Gazı Salımının Kullanım Alanlarına Göre Dağılımı (% , 2018)

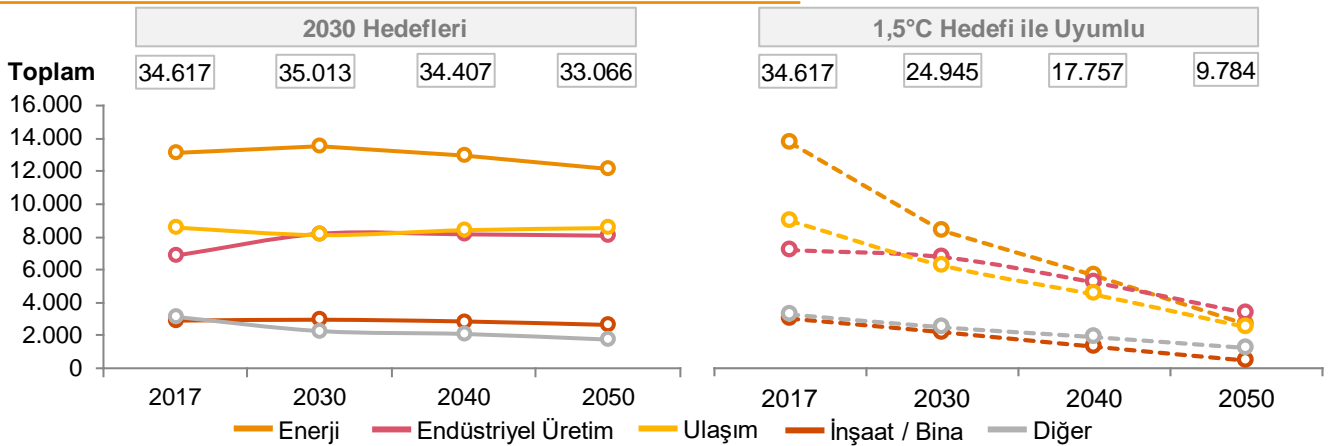


Farklı sektörlerdeki kullanım alanları da dikkate alındığında gerçekleşen sera gazı salımının %76,8'i enerji kullanımı nedeniyle ortaya çıkmaktadır. Bu nedenle, iklim hedefine ulaşılması ancak enerji dönüşümünün sağlanması ile mümkün olabilecektir.

Enerji, karbon salımının en büyük kaynağı olmakla birlikte, elektrifikasyon, yenilenebilir enerjinin payının artırılması, enerji verimliliği ve çeşitli yapısal değişiklikler ile 2050 yılına kadar karbon salımının yaklaşık %70'inin bertaraf edilerek **9.784 Mt** seviyesine düşeceği öngörülmektedir.

Grafik 5

Karbon Salımının Sektörel Dağılımı (Mt/yıl, 2017-2050)



2030 Hedefleri ile Uyumlu Enerji Senaryosu: Mevcut enerji planları, hedefleri ve politikalarının (2030 NDC hedefleri) sürdürülmesi durumunda beklenen gelişmeleri göstermektedir.

1,5°C Hedefi ile Uyumlu Enerji Senaryosu: Paris İklim Anlaşması'nın hedeflerinden biri olan küresel ısınmayı 1,5°C ile sınırlı tutma hedefine ulaşmak için gereken gelişmeleri göstermektedir.

Düşük karbonlu ve sürdürülebilir bir geleceğe geçiş için enerji, ulaşım ve endüstriyel üretim sektörlerinin dönüşümü gereklidir.

Sektörlerin Düşük Karbona Geçişi

Enerji



Ulaşım



Endüstriyel Üretim



Mevcut Durum

Elektrifikasyon potansiyelinin altındadır, dünya enerji ihtiyacının önemli bir kısmını fosil yakıtlardan karşılamaktadır. Elektrik üretimi içerisinde de kömür ve doğal gazın payı hızla artmakta olan yenilenebilir enerjiden daha yüksektir.

Karbon salımının büyük kısmını karayolu taşımacılığı oluşturmaktadır. Araçların çok düşük bir bölümü elektrikli araçlardan oluşmaktadır.

Endüstriyel üretimdeki karbon salımı büyük oranda çimento, demir çelik ve kimyasal üretim faaliyetlerinden kaynaklanmaktadır.

Düşük Karbonlu Gelecek

Elektrik birincil enerji kaynağı olmuştur. Elektrik üretiminin çok yüksek bir kısmı yenilenebilir enerji kaynaklarından sağlanmaktadır. Çeşitli depolama teknolojileri ve akıllı şebekeler ile yenilenebilir enerji kaynaklarından dengeli güç tedariki gerçekleştirilebilmektedir. Ulaşım amaçlı enerji tüketiminde de elektriğin payı artmış, fosil yakıtlara talep her alanda önemli seviyede azalmıştır.

Elektrik motorları, biyoyakıt ve yenilenebilir enerji kaynaklarıyla üretilen yeşil hidrojen kullanımı artmıştır. Kişisel araçlara alternatif ulaşım yöntemleri sayesinde, elektrikli mikromobilité ve erişilebilir toplu taşıma ile kentsel hareketlilik daha sürdürülebilir ve entegre hale gelmiştir.

Üretim süreçlerinde elektrifikasyon ve yeşil hidrojen kullanımı artmıştır. Akıllı fabrikalara ve dijital tedarik ağlarına geçişler sayesinde inovasyon kaynaklı yaşanan verimlilik artışları karbon salımının azalmasını desteklemiştir.

Sürdürülebilir Bir Geleceğe Geçiş İçin Gerekenler

- Enerji verimliliğinin geliştirilmesi
- Fosil yakıtlara bağımlılığın azaltılması
- Yenilenebilir enerji kapasitesinin hızla artması
- Enerjiyi güç dağıtım merkezlerine taşımak için iletim alt yapısının geliştirilmesi ve elektrik gücünü dengeleyen entegre akıllı şebeke teknolojilerinin devreye alınması
- Büyük ölçekli depolama sistemlerinin geliştirilmesi

- Elektrikli araç ve batarya üretiminin artırılması
- Batarya alt yapısının geliştirilmesi
- Elektrik verimliliği artırmak ve amaca daha uygun uygulama modellerine geçiş için "smart logistics" in geliştirilmesi ve bu kapsamda, örneğin, son kilometre teslimatının gelişimi için küçük elektrikli kamyonetlerin kullanımının artırılması.

- Karbon salımı yoğun süreçlerin elektrik, hidrojen veya diğer teknolojiler ile sürdürülmesi – Hidrojen Stratejisi kapsamında AB içerisinde 2030 yılına kadar 40 GW yenilenebilir hidrojen elektroliz sistemi kurulumu hedeflenmektedir. Bu hedef kapsamındaki gerekli elektriği üretmek için 80-120 GW güneş ve rüzgar santrali kurulumu yapılması beklenmektedir.
- Döngüsel üretim yaklaşımlarının benimsenmesi
- Atıkların azaltılması için katmanlı üretimin devreye alınması ve ölçeklendirilmesi

Kaynak: IEA, WEF

Aralık 2021

Karbon salımının azaltılmasını destekleyecek yatırımlar ve aksiyon planlarının ilk örnekleri farklı alanlarda ortaya çıkmaya başlamıştır.

Endüstriyel Üretim

Endüstriyel üretim şirketleri için üretim süreçlerinin karbon salımından arındırılması en büyük mücadelelerden biridir. Yüksek ısıda ve kok kömürü kullanılarak gerçekleştirilen demir cevherinden çelik üretimi, tek başına en fazla karbon salımına neden olan endüstriyel faaliyetler arasında (toplam salımın %5-10'u) yer almaktadır. Yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilebilecek hidrojen bazlı çelik üretimi olarak ifade edilen "yeşil çelik teknolojisi" demir-çelik sektörü için dekarbonizasyon yolunda en fazla potansiyel vadeden teknoloji olarak ön plana çıkmaktadır.

İsveçli girişim **Hybrit**, 2026'da "yeşil çeliği" ticari üretim öncesi deneme çalışması olarak kamyon üreticisi **Volvo AB**'ye teslim etmek üzere taahhütte bulunmuştur. Volvo, yeşil çelikten prototip araç ve bileşenlerin üretimine 2021'de başlayacağını açıklamıştır.

Diğer bir yeşil çelik girişimi olan **H2 Green Steel**, İsveç'in kuzeyinde, 2024'te üretime başlayacak, sürdürülebilir bir hidrojen tesisi de dahil olmak üzere fosil yakıtsız bir çelik tesisi kurmayı planlamaktadır.

Ulaşım

Enerji verimliliğindeki gelişmelere ve hem biyoyakıtta hem de elektrikli araçlarda devam eden büyümeye rağmen, ulaşım sektöründe yenilenebilir enerjinin payı yalnızca **%3,3** seviyesindedir. Ulaşım sektöründeki enerji ihtiyacının büyük çoğunluğu petrol ve petrol ürünleri ile karşılanmaktadır.



Air Canada, KLM, ve Singapore Airlines'ın da dahil olduğu havayolu şirketleri, biyoyakıt tedarikçileri ile uzun vadeli alım anlaşmaları imzalamıştır. Bu hedef doğrultusunda özel teknolojiler geliştirilmektedir. Diğer taraftan, 2020'ye kadar **200 binden** fazla ticari uçuş alternatif yakıt karışımlarıyla gerçekleşmiş, havalimanlarında alternatif yakıt dağıtım alanları artmıştır. Teknolojik sınırlamalar nedeniyle havacılık sektöründe karbon salımını sınırlama aşamasında önemli yol kat edilememiştir.

2019'da, Fransa ve Almanya'da otoriteler hava yolculuğuna talebi azaltmak için, yeni vergiler gibi, havacılığın dekarbonizasyon yolunda ilerlemesine yardımcı olmayı amaçlayan yeni politika önlemleri alınmıştır.

4 ülke 2025-2030 arasında %30 biyoyakıt payına ulaşma hedefini içeren biyoyakıt havacılık hedeflerini açıklarken, diğer ülkeler yenilenebilir kaynakların kullanımını destekleyen politikalar benimsemiştir.

İnşaat / Bina

Isıtma, binalarla ilgili küresel karbon salımının yaklaşık **%60**'ünü oluşturmaktadır. Pişirme amaçlı enerjinin **%75**'inden fazlasını sıvılaştırılmış petrol gazı (LPG), doğal gaz ve kömür gibi fosil yakıtlar karşılamaktadır. İnşaat / Bina sektöründe net sıfır karbon hedefine ulaşmak için:

- Yeşil veya sürdürülebilir binaların inşaa edilmesi
- Enerji verimliliğini artırmak için mevcut binaların izolasyon gibi uygulamalarla güçlendirilmesi
- Binalardaki enerji ihtiyacının yenilenebilir enerji kaynaklarıyla karşılanması gerekmektedir.

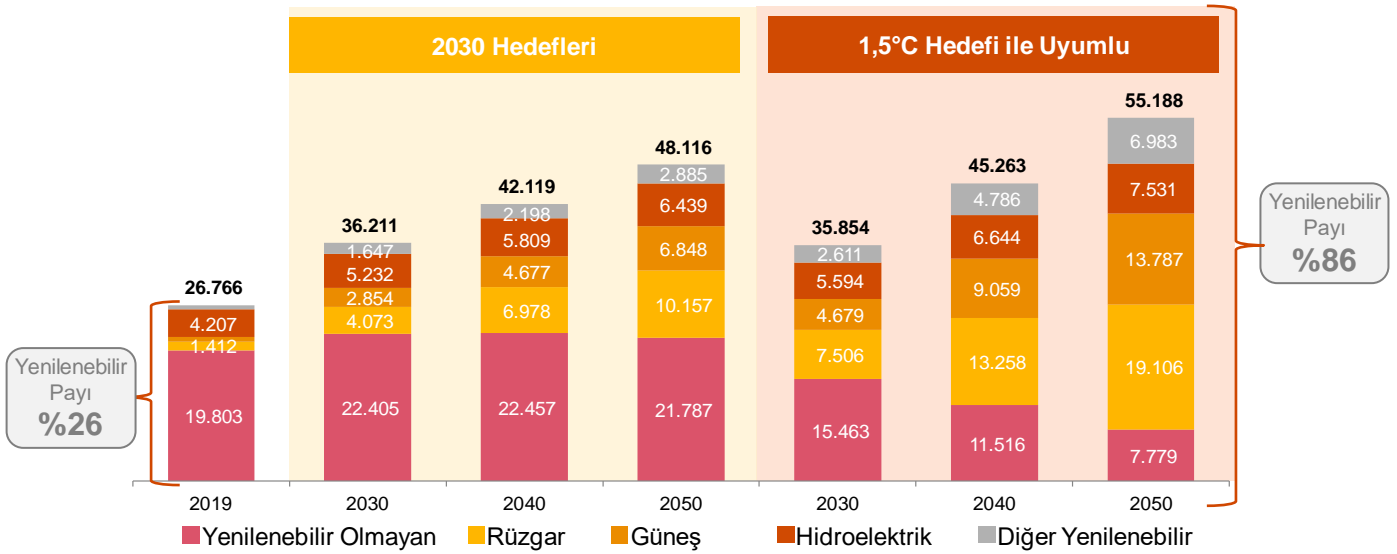
Binalarda yapılan izolasyon gibi iyileştirmeler, bina enerji talebini %60 düzeyinde azaltabilmektedir.

Yenilenebilir enerji kaynaklarının toplam enerji arzı içerisindeki payının artırılması enerji sektörünün dönüşümü ve karbon salım hedeflerine ulaşılması aşamasında en önemli aksiyon olarak ön plana çıkmaktadır.

Güneş ve rüzgar enerjisi, küresel elektrik sektörünün dönüşümüne öncülük etme potansiyeline sahiptir. Günümüzde en çok elektrik üreten yenilenebilir enerji kaynağı olan hidroelektrik enerjisi kurulu gücünün 2010 yılından itibaren yaklaşık yıllık %2,7 büyüme oranıyla büyüdüğü gözlemlenmektedir. Yeni HES'ler kurmak için kalan alanların giderek azalması ve diğer teknolojilere olan talebin artması sebebiyle hidroelektrik enerjisi kurulu gücünün yıllık büyüme oranının yavaşlayarak 2050 yılı itibarıyla %1,4 seviyesine gelmesi ve liderliği rüzgar ve güneş enerjisine bırakması beklenmektedir. **1,5°C Hedefi ile Uyumlu Enerji Senaryosu** kapsamında, rüzgar enerjisinin, toplam elektrik üretiminin üçte birinden fazlasını sağlaması, güneş enerjisinin ise üretimin %25'ini karşılayarak onu takip etmesi beklenmektedir.

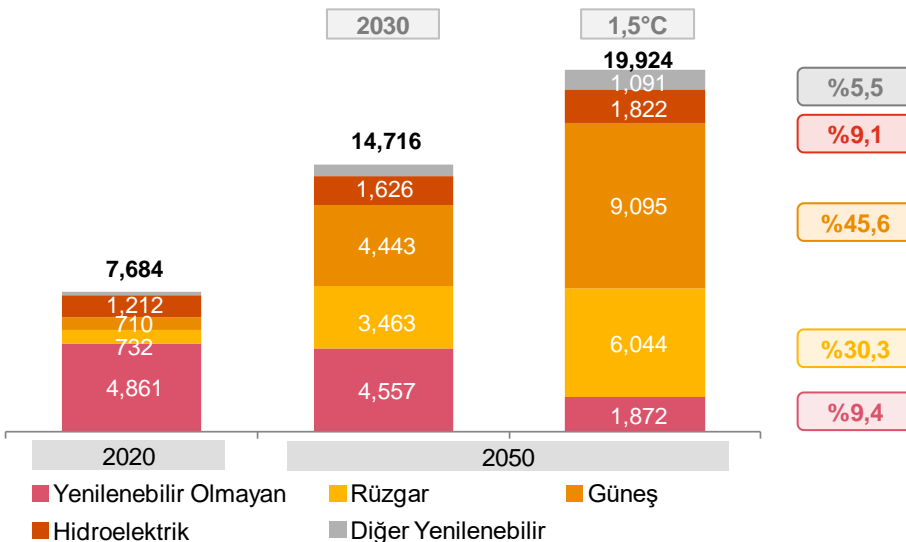
Grafik 6

Küresel Elektrik Üretimi (TWh, 2019-2050)



Grafik 7

Küresel Kurulu Güç Dağılımı (GW, 2020-2050)



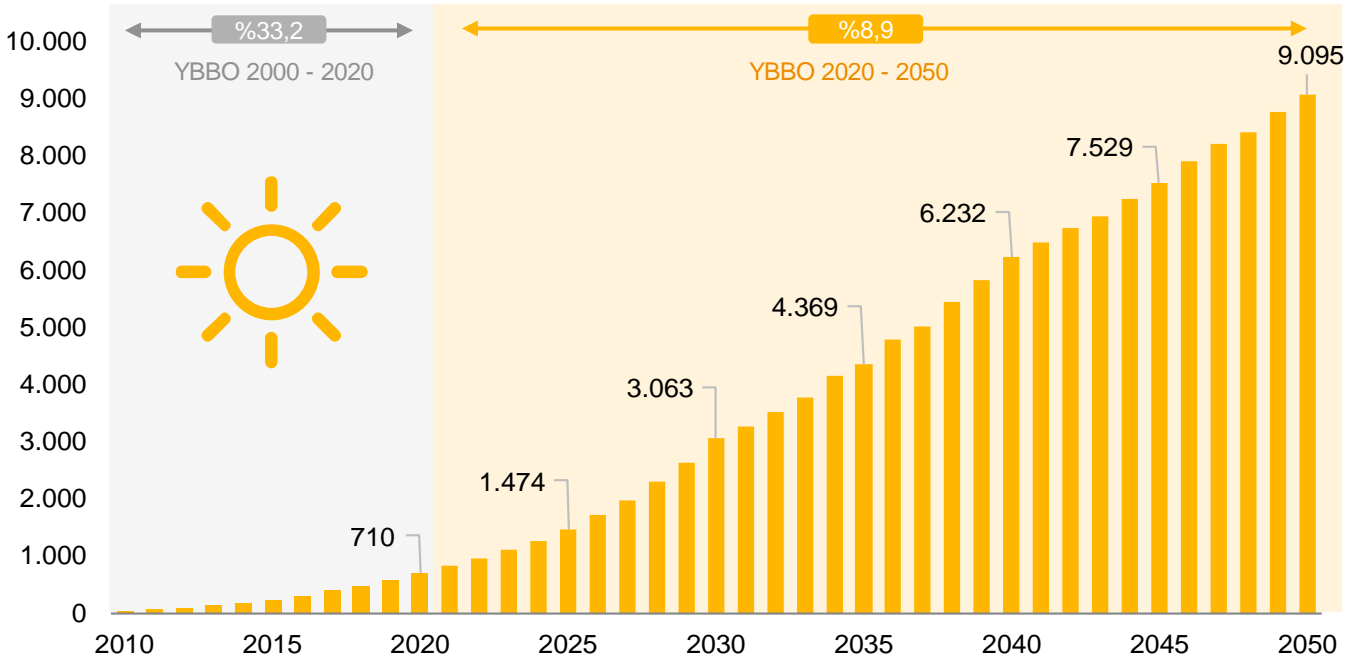
1,5°C Hedefi ile Uyumlu Enerji Senaryosu altında, toplam yenilenebilir enerji kurulu gücünün **2030 Hedefleri ile Uyumlu Enerji Senaryosu'na göre %78** daha yüksek olacağı öngörülmektedir.

2050 yılında **güneş ve rüzgarın** yenilenebilir enerji kaynakları içerisinde en yüksek paya sahip olması beklenmektedir.

Net Sıfır Hedefi'ne ulaşılması için 2050 yılına gelindiğinde güneş için toplam kurulu gücün 9 TW üzerine çıkması gerekmektedir.

Grafik 8

Güneş Enerjisi Kurulu Güç Gelişimi (GW, 2010-2050)



2010-2020 yılları arasında yıllık ortalama **%33** büyüme gösteren güneş kurulu gücü, 2020 yılında **710 GW** seviyesine ulaşmıştır. Enerji kaynakları arasında en önemli potansiyele sahip olan güneşin mevcut kurulu gücünün **4 katına** çıkarak 2030 yılında **3.063 GW** seviyesine ulaşması beklenmektedir.

Kaynak: IEA – World Energy Outlook 2021, IRENA

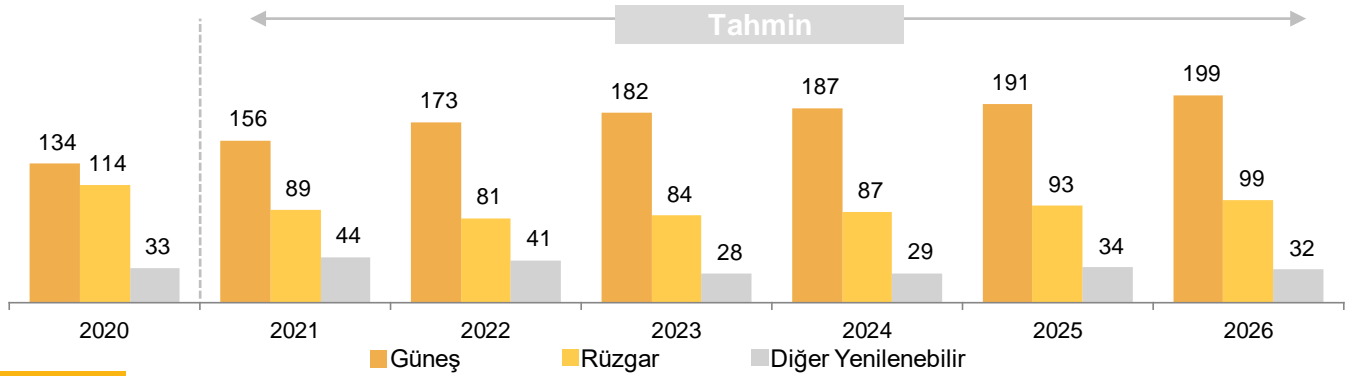
Aralık 2021

Artan emtia fiyatlarının güneş yatırım maliyetlerini etkilemesine rağmen, yıllık büyümenin 2021 yılında %17 artarak yaklaşık 160 GW'a ulaşması ve yıllık ilave kurulu gücün 2026 yılında yaklaşık 200 GW'a ulaşması beklenmektedir.

Yenilenebilir enerji ilave kurulu gücünün, 2021-2026 arasında yılda ortalama 305 GW ile en yüksek seviyede gerçekleşmesi beklenmektedir. Bu ilave kurulu güç, yenilenebilir enerjinin son beş yılda 185 GW olan ortalama büyümesine göre %60 oranında bir artışa denk gelmektedir. Ülkelerin açıkladığı iddialı net sıfır hedefleri ve rüzgar ile güneşin rekabet gücünün bu büyümeyi yönlendirdiği düşünülmektedir.

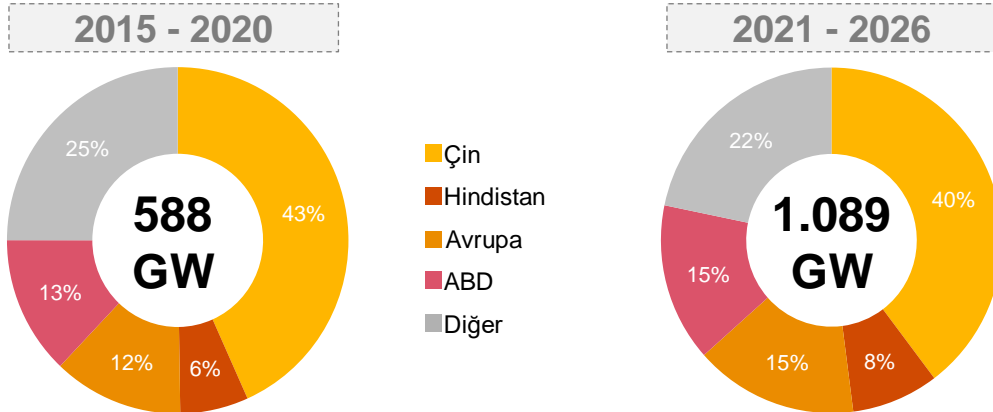
Grafik 9

Yıllık Yenilenebilir Enerji İlave Kurulu Güç Tahmini (GW, 2020-2026)



Grafik 10

Yıllık Güneş İlave Kurulu Güç (GW, 2015-2026)



Genel olarak, güneş enerjisi tek başına tüm yenilenebilir kapasite ilavelerinin neredeyse %60'ını oluşturmaktadır. Diğer taraftan, önümüzdeki beş yıl içinde güneş kurulu gücündeki büyümenin önceki beş yılın yaklaşık iki katı kadar olması öngörülmektedir.

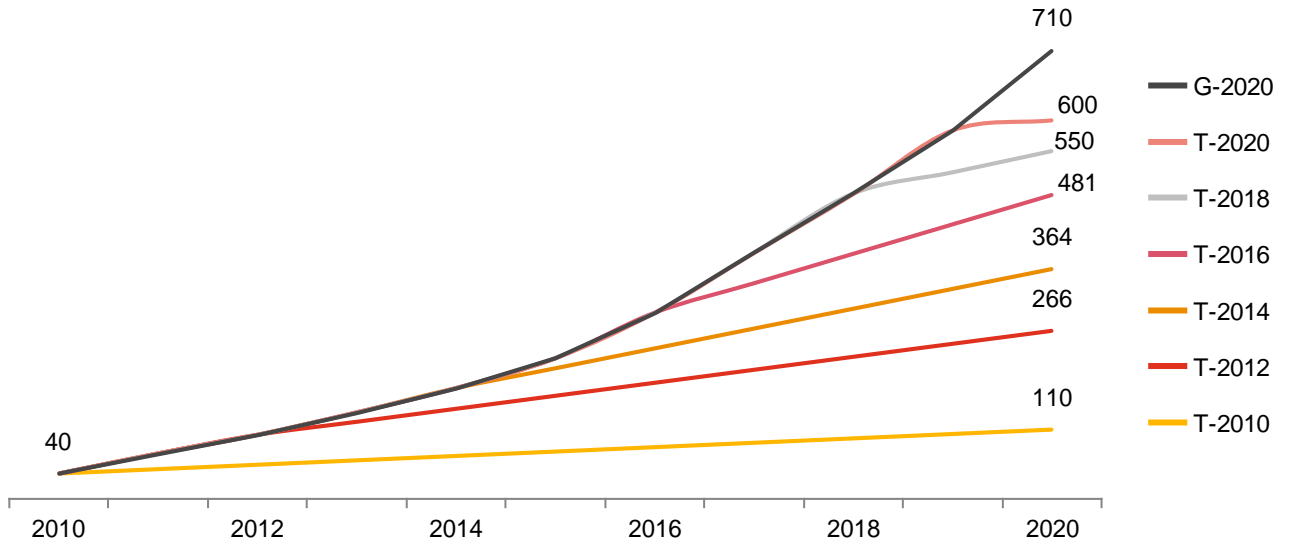


Güneş enerjisi için yıllar içinde hazırlanmış kurulu güç tahminleri ve gerçekleşen yatırımlar karşılaştırıldığında güneş enerjisi talebinin öngörülerin ötesinde hızlı bir şekilde oluştuğu anlaşılmaktadır.

Geçmiş yıllarda yapılan tahminler, güneş kurulu gücünün günümüz seviyelerine bu kadar hızlı ulaşabileceğini öngörememiştir. IEA'nın da dahil olduğu birçok kaynak ve araştırma, tarihsel olarak küresel güneş enerjisi kurulu gücü büyümesinin hızını doğru tahmin edememiştir.

Grafik 11

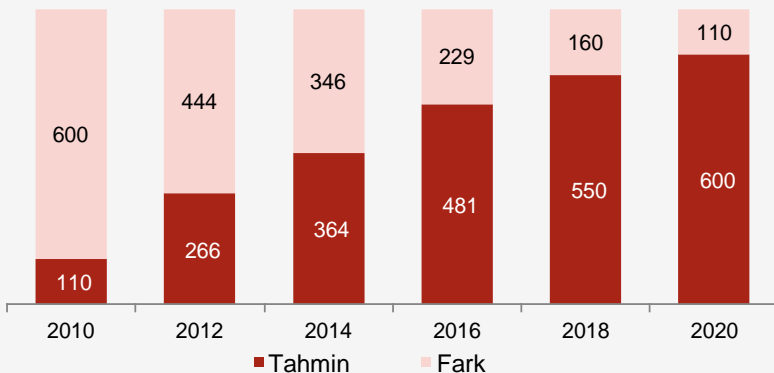
Güneş Kurulu Güç Projeksiyonları (GW, 2010-2040)



Grafik 11, IEA'nın her yıl yayımladığı "World Energy Outlook (WEO)" raporlarında güneşin kurulu güç projeksiyonları gösterilmektedir. En güncel projeksiyonda bile güneşin 2020 yılında ulaşacağı kurulu güç tahmin edilememiş, gerçekleşen kurulu güç tahminin çok üzerinde kalmıştır. WEO 2010, 2025 yılına kadar yaklaşık 200 GW kurulu güneş kapasitesi öngörürken; Ocak 2015'te bu hedefe ulaşılmıştır. Mevcut güneş kurulu gücü, WEO 2010 kapsamındaki 2020 tahminlerinin 6 katından daha yüksek bir seviyeye ulaşmıştır.

Grafik 12

2020 Yılı Güneş Kurulu Güç Projeksiyonları (TWh)



Güneş kurulu gücü 2020 yılında **710 GW** seviyesine ulaşmıştır. Grafik 8'de gösterildiği gibi 2010-2020 yılları arasındaki projeksiyonlar, gerçekleşen seviyenin altında kalmıştır.

Kaynak: IEA

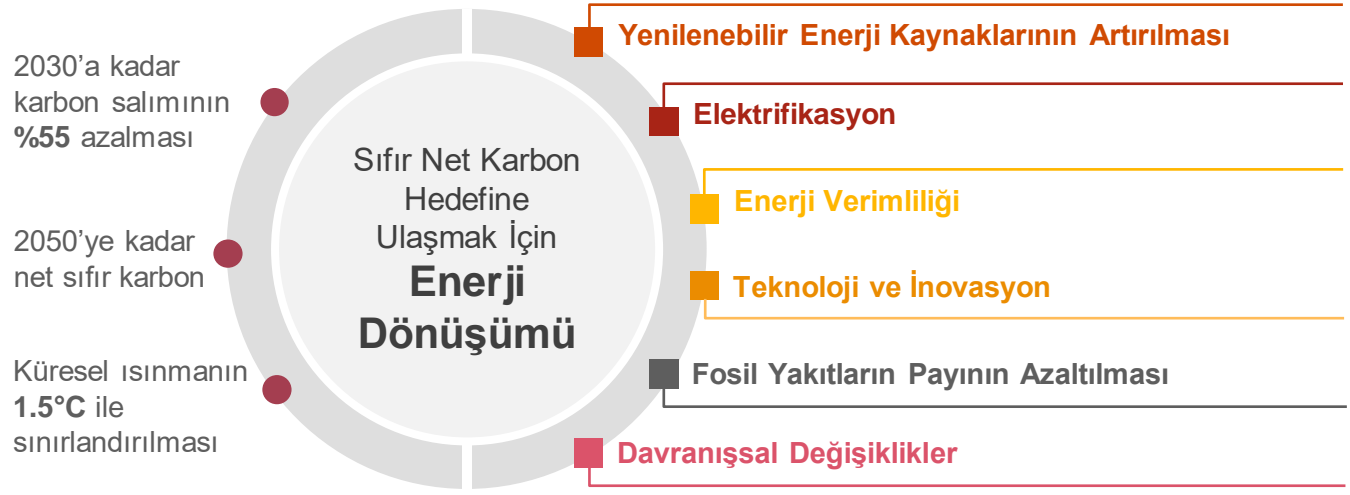
Aralık 2021



Net Sıfır'a Giden Yolda Güneş Enerjisi'nin Rolü

Küresel ısınmanın 1.5°C hedefi ile sınırlı kalması ve dünyanın karbondan arındırılması için etkili bir çözüm gerekmektedir. Bu hedefe ulaşabilmek için en önemli konulardan biri enerji dönüşümünün gerçekleşmesidir

Net sıfır karbon hedefine ulaşmak için bütün ülkeler çeşitli enerji politikaları ve bunlara eşlik eden önlemler uygulamaktadır. Daha verimli teknolojilerin hızla yaygınlaştırılması, elektrifikasyonun ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının artırılması, tüm sektörlerde karbon salımını azaltmada önemli rol oynamaktadır.



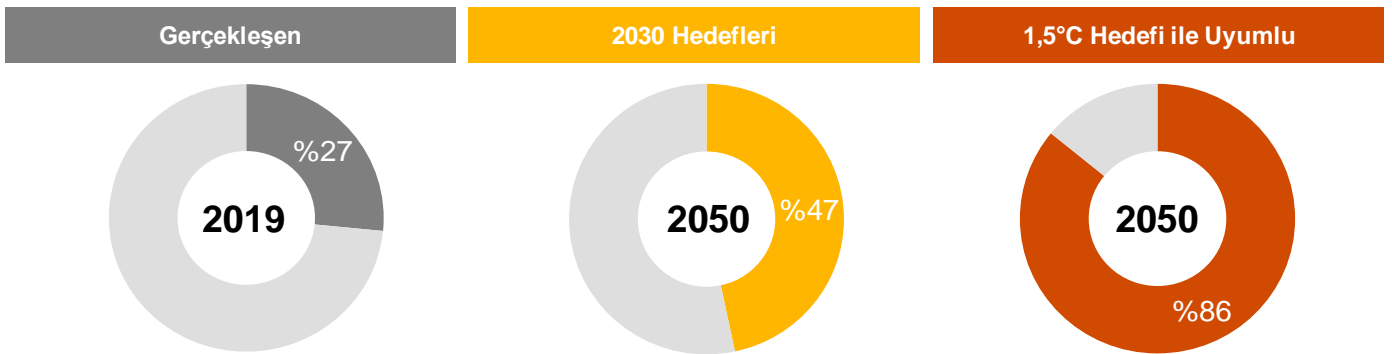
Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Artırılması

Enerji sektörü içerisinde en yüksek karbon salımının gerçekleştiği elektrik üretimi faaliyetlerinin karbondan arındırılması dünyanın sıfır karbon salımına ulaşmasında büyük önem taşımaktadır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının, özellikle güneş enerjisinin, giderek daha düşük maliyetli elektrik kaynağı haline getirilmesi ve finansal getiri anlamında tercih edilir olması elektrik üretimini karbondan arındırma konusunda önemli katkı sağlamaktadır.

Net sıfır karbon ve küresel ısınmayı 1,5°C ile sınırlandırma hedefine ulaşabilmek için yenilenebilir enerjinin toplam elektrik üretimi içerisindeki payının %86 seviyelerine ulaşması gerekmektedir.

Grafik 13

Elektrik Üretimi İçerisinde Yenilenebilir Kaynakların Payı (% , 2019-2050)



Kaynak: IEA, IRENA

Küresel ısınmanın 1.5°C hedefi ile sınırlı kalması için çeşitli teknoloji ve inovasyonlar ile elektrifikasyonun artırılması gerekmektedir.

Elektrifikasyon

Fosil yakıtlar yerine elektriğin enerji kaynağı olarak doğrudan kullanımı, karbon salımını azaltmada oldukça önemlidir.

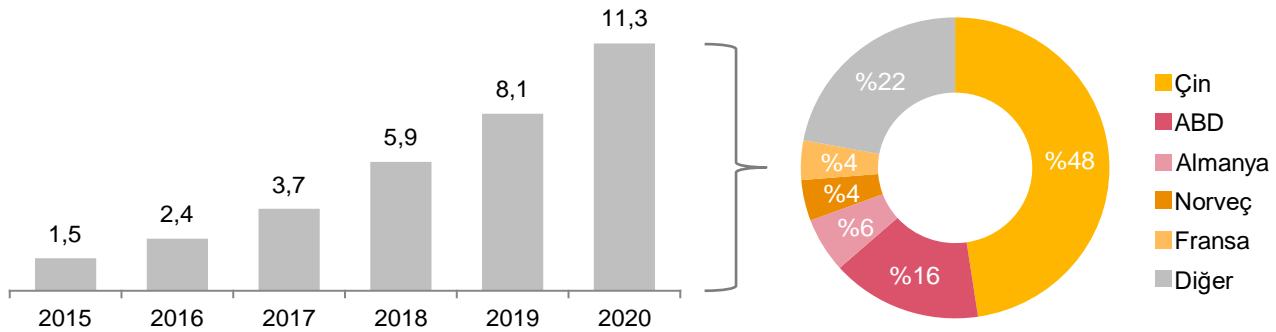
- **Sanayi** – çelik üretiminde elektrikli ark ocağı kullanımının artırılması
- **Ulaşım** – Elektrikli araç kullanımının artırılması
- **İnşaat / Bina** – ısı pompası sayısının ve ısınma için kullanımının artırılması,

Son yıllarda elektrikli araçlar, ısı pompaları ve elektrikli endüstriyel ekipmanlar gibi alanlarda yapılan yatırımlarda artış görülmektedir. Elektrikli araçların sayısının artırılması, doğrudan karbon salımını ve hava kirliliğini önemli derecede azaltabilir. Ancak, içten yanmalı motorla çalışan araçların sadece elektrikli araçlar ile değiştirilmesi trafik sıkışıklığı ve kara yolu alt yapısına olan talep artışı gibi ulaşım sorunlarına çözüm oluşturmayacaktır. Bu kapsamda, yenilenebilir biyoyakıtların geliştirilmesi, motorsuz veya toplu taşımaya geçiş gibi ulaşım sistemleri kullanım şekillerinin değiştirilmesi gibi sistematik bir dönüşüme ihtiyaç duyulmaktadır. Bu durum, kaynakların daha verimli kullanıldığı, düşük karbonlu gelecek hedefine ulaşılmasına yardımcı olacaktır.

Net sıfır karbon hedefine ulaşılması için elektrikli araç sayısının 2050 yılına kadar 1.1 milyarın üzerine çıkması gerekmektedir. Türkiye’de ise günümüzde 6 bin olan elektrikli araç sayısının 2030 yılında 1 milyonun üzerine çıkması öngörülmektedir. Diğer taraftan, ısıtma için ısı pompalarının kullanımı, geleneksel ısıtma sistemlerine göre 2-4 kat daha yüksek verimlilik sunmaktadır. Benzer şekilde, 2050 hedeflerine ulaşılması için ısı pompası sayısının 10 kat artması gerekmektedir.

Grafik 14

Global Elektrikli Araç Stok Gelişimi (milyon adet, 2015-2020)



Enerji Verimliliği

Daha az enerji tüketimi ile aynı düzeyde kalite ve niteliğe sahip çıktıya ulaşmak olarak tanımlanabilen enerji verimliliği, enerji dönüşümünü hızlandırmada ve 1,5°C küresel iklim ve sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşmada önemli bir rol oynamaktadır. Özellikle ulaşım, bina/inşaat ve sanayi gibi sektörlerde çeşitli enerji verimliliği iyileştirmeleri yapılabilmektedir.

Enerji verimliliğinin toplumlar ve ekonomiler için sektörlerin rekabet gücünü artırma, enerji faturalarını azaltma, enerji arz güvenliğini güçlendirme ve çevreyi koruma gibi birçok faydası bulunmaktadır. Enerji verimliliğinin istihdam yaratma potansiyeli, özellikle COVID-19 pandemisinin etkilerinin giderilmeye çalışıldığı günümüzde oldukça önemlidir.

Kaynak: IEA, IRENA

Aralık 2021

1,5°C hedefine ulaşılması için kömürden elektrik üretimi kaynaklı salım ile mücadele kritik önem taşımaktadır. Bu nedenle, önümüzdeki yıllar içerisinde yeni kömür santralleri inşa edilmemesi ve mevcut olanların aşamalı olarak faaliyetlerinin durdurulması gerekmektedir.

Fosil Yakıtların Payının Azaltılması

Birçok gelişmekte olan ülke, elektrik talebinde hızlı bir büyüme yaşamaktadır. Güneş ve rüzgar gibi yenilenebilir enerji kaynaklarının kurulu güçlerinde önemli gelişmeler gerçekleşse de, bu teknolojilerin enerji talebi için tek başlarına sabit bir kaynak talebini karşılayamaması ve depolama teknolojilerinin henüz yeterli boyutta ticarileşmemiş olması nedeniyle birçok ülke elektrik üretiminde, hala kömüre ihtiyaç duymaktadır. Ek olarak, gelişmekte olan piyasalarda, kömür sektöründeki birçok işletme mülkiyetin devlette olduğu büyük işverenlerdir. Dolayısıyla devletler, karbon salımını azaltma hedefleri ile elektrik talebini kesintisiz karşılayarak ekonomilerini geliştirme ihtiyacı arasında kalmaktadır. Günümüzde dünya çapında faaliyette olan yaklaşık **8.500** kömür kaynaklı termik santral bulunmaktadır. Karbon salımını azaltmak önemli bir küresel öncelik haline gelirken, önümüzdeki beş yıl içinde **300'den fazla** yeni termik santralin işletmeye alınması planlanmaktadır. Önüne geçilmediği sürece, bu durum karbon salımının artmasına neden olacaktır.

Mevcut kömür kaynaklı elektrik üretiminin büyük çoğunluğu gelişmekte olan ekonomilerde olmakla birlikte, Çin, Hindistan ve Endonezya'da üretilen elektriğin yaklaşık **%60'** kömür kaynaklıdır. Bu oran gelişmiş ülkelerde ortalama **%20** seviyesindedir. Diğer taraftan, yapılan araştırmalar Asya'da bulunan termik santrallerin nispeten yeni olduğunu, 40-50 yıl ekonomik ömrü olan bu santrallerin ortalama 13 yıldır faaliyette olduğunu göstermektedir. Bu durum, termik santrallerin hızla kapanması durumunda ekonomik ve sosyal sorunların ortaya çıkabileceğini düşündürmektedir. Bu kapsamda, net sıfır karbon hedefine yönelik gerçek bir ilerleme kaydetmek için kömür santrallerinin kapatılması, mevcut santrallerden kaynaklanan emisyonlarla mücadele edilmesinin ötesinde, önemli politik irade ve finansal kaynak gerektirmektedir. Buna rağmen COP26 toplantısı ile Çin ve Hindistan da kömürden aşamalı geçişi kabul ettiklerini beyan etmiştir.

Şeffaf ve rekabetçi bir elektrik üretimi piyasası, karbon fiyatlandırması veya vergisi ile birleştirildiğinde kömürden çıkış hızlanabilecektir. Güneş enerjisi, rüzgar enerjisi ve hidroelektrik enerjisi gibi düşük karbonlu enerji kaynaklarının elektrik talebini karşılamaya yetmemesi durumunda termik santrallerin kısa ve orta vadede tamamen devre dışı bırakılması beklenemez.

Belçika, Avusturya ve İsveç'in "kömürden çıkış"ı tamamlamıştır. Bazı ülkelerin kömürden çıkış için taahhüt ettikleri tarihler aşağıda özetlenmiştir.

Belçika	2016
Avusturya	2020
İsveç	2020
Fransa	2022
İngiltere	2024
İtalya	2025
Almanya	2030



Aralık 2021

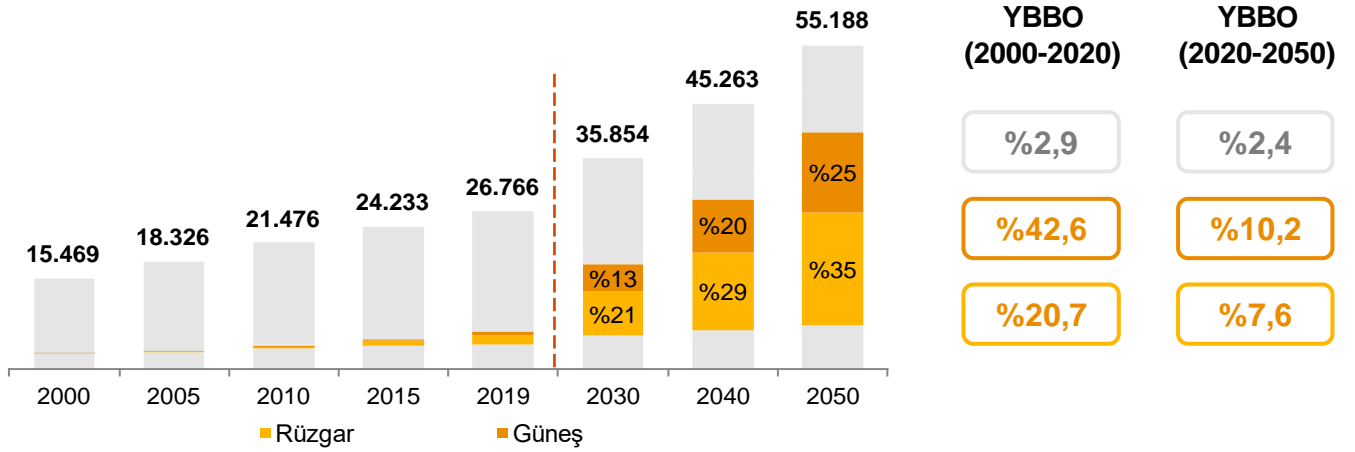
Kaynak: IEA

Elektrik üretiminde yenilenebilir kaynakların payının artırılması enerji sisteminin karbondan arındırılması için çok önemlidir. Küresel enerji dönüşümünün en önemli sinerjisi, artan düşük maliyetli yenilenebilir enerji teknolojilerinin birleşiminden gelmektedir

Yapılan araştırmalar, 2050 iklim hedeflerine ulaşılabilmesi için yenilenebilir enerji kaynaklarının elektrik üretimi içerisindeki payının **%86** seviyesine ulaşacağını göstermektedir. Güneş enerjisinin, rüzgar ile birlikte küresel elektrik üretimi dönüşümüne öncülük etmesi ve 2050 yılında toplam elektrik üretiminin **%25**'ini karşılaması beklenmektedir.

Grafik 15

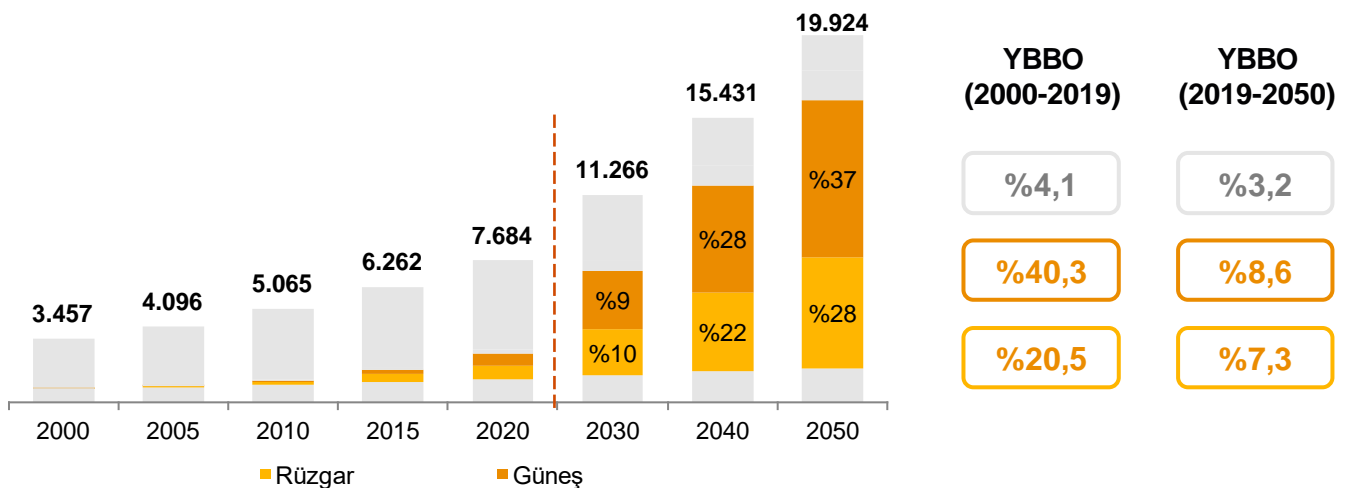
Elektrik Üretimi İçerisinde Güneş Enerjisi Payı (TWh, %, 2000-2050)



2050 yılında net sıfır karbon salımı hedefine ulaşmak için elektrik üretiminin önemli ölçüde yenilenebilir enerji kaynaklarına, özellikle güneş ve rüzgar, dayalı olacağı öngörülmektedir. Güneş enerjisinden elektrik üretim sistemleri yaşam döngüsü boyunca fosil kaynaklı yakıtlara göre en az %90 daha az karbon salımına neden olmaktadır.

Grafik 16

Elektrik Kurulu Gücü İçerisinde Güneş Enerjisi Payı (GW, %, 2000-2050)



Kaynak: IEA, IRENA

Aralık 2021

Güneş teknolojisini diğer yenilenebilir enerji teknolojilerinden ayıran özellikleri önümüzdeki dönemde bu elektrik üretim teknolojisinin giderek yaygınlaşmasına neden olacaktır.

Güneş enerjisi, son yıllarda diğer yenilenebilir teknolojilere göre daha hızlı yayılmış, toplam kurulu gücü ve elektrik üretimi içerisindeki payı da giderek artmıştır. Güneşin bu gelişiminde sürdürülebilir bir teknoloji olması, iklim hedeflerine ulaşmak için çevre dostu çözümler sunması, düşen maliyetleri ve gelişen verimliliği ve bu sayede ihtiyaç olunan lokasyonda kurulabilir olması ile finansal açıdan da önemli getiriler sunması önemli rol oynamaktadır. Güneşin önümüzdeki dönemde de öncü yenilenebilir enerji kaynağı ve teknolojisi olmaya devam etmesi beklenmektedir. Bu beklentilerde güneş enerjisinin aşağıda belirtilen özelliklerinin önemli etkisi bulunmaktadır.



Kaynak: PwC Analizi

Türkiye ve Dünyada Güneş Enerjisi Sektörü

Güneş teknolojisini alternatiflerinden ayıran özelliklerin başında düşük maliyetli elektrik üretim potansiyeli gelmektedir.

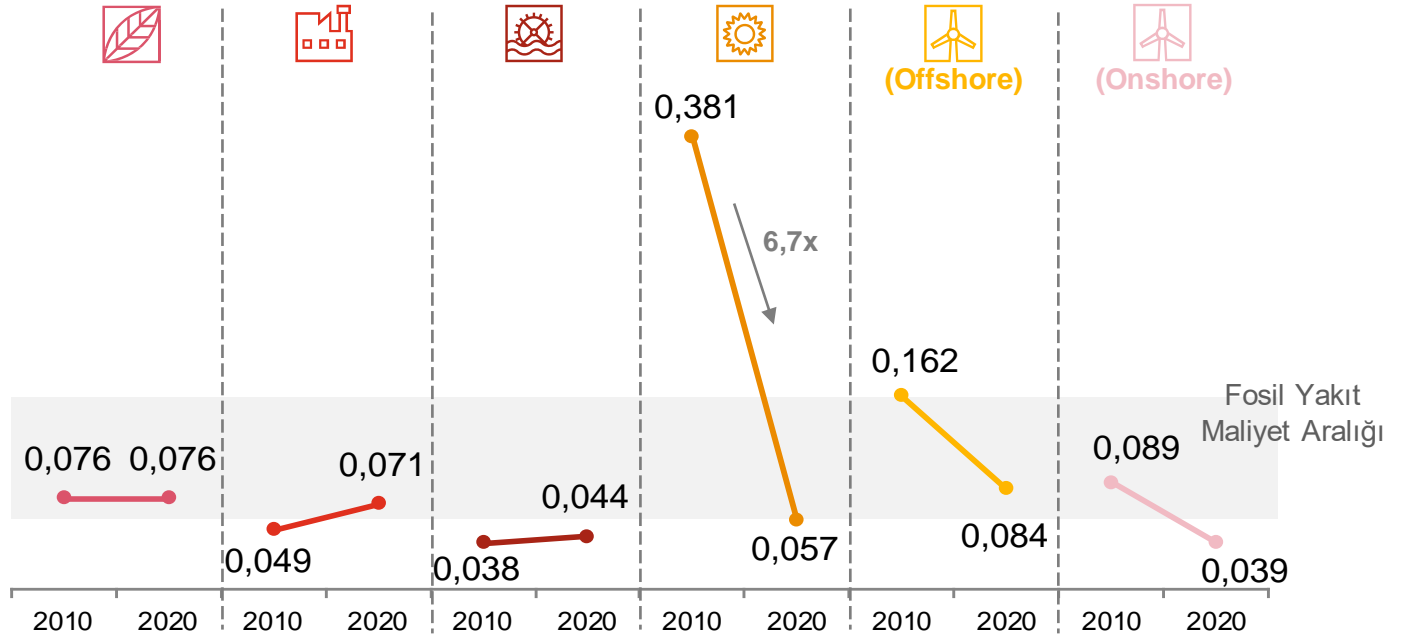
Elektrik Üretim Maliyeti

Seviyelendirilmiş elektrik maliyeti (LCOE), bir üretim tesisi için faaliyet ömrü boyunca beklenen elektrik üretiminin ortalama maliyetinin hesaplanmasıdır. Sermaye maliyetini de dikkate alan bu hesaplama, bir projenin değer yaratması için gerçekleştirilmesi gereken ortalama elektrik fiyatını temsil etmekle birlikte genellikle yatırım planlaması ve farklı elektrik üretim yöntemlerinin karşılaştırılması için kullanılmaktadır.

Yenilenebilir enerji kaynakları, birçok piyasada giderek daha düşük maliyetli enerji kaynakları haline gelmektedir. Yenilenebilir enerji üretim maliyetleri, istikrarlı bir şekilde gelişen teknolojiler, ölçek ekonomisi, rekabetçi tedarik zincirleri ve üretici deneyiminin gelişmesiyle son on yılda hızlı bir düşüş göstermiştir. Elektrik üretim maliyetlerindeki düşüşte özellikle güneş ve rüzgar enerji teknolojileri öne çıkmıştır. Yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelik artan talep, inovasyonlar sayesinde işletme maliyetlerinin düşmesine ve geleneksel enerji kaynaklarının önüne geçmelerine zemin hazırlamaktadır.

Grafik 17

Ortalama Elektrik Üretim Birim Maliyeti¹ (\$/kWh)



G20 ülkeleri içerisinde fosil yakıt kaynaklı elektrik üretim maliyeti aralığının 0,055 \$/kWh ile 0,148\$/kWh arasında olduğu tahmin edilmektedir. Alt sınır, Çin'de faaliyet gösteren kömür kaynaklı enerji santrallerini temsil etmektedir. Son yıllarda yenilenebilir enerji kaynakları üretim maliyetlerinin, özellikle Güneş için, fosil yakıt kaynaklı maliyetlerin alt sınırına yaklaştığı görülmektedir.

Güneş ve rüzgar kaynaklı maliyetlerde önemli düşüş gözlemlenirken jeotermal ve hidroelektrik kaynaklı üretim maliyetlerinin ise arttığı görülmektedir.

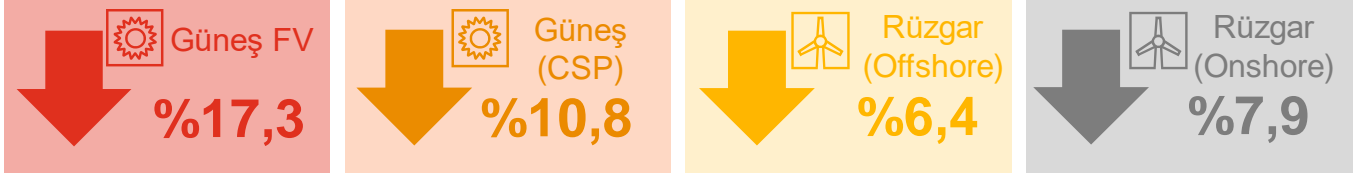
¹Grafikte yer verilen bilgilerin kaynağı olan IRENA'nın maliyet veri tabanı, çeşitli ülkelerde faaliyet gösteren yaklaşık **20 bin** yenilenebilir enerji üretim projesi ve **13 bin** ihale ile enerji alım anlaşmalarından elde edilen verileri kapsamaktadır. Karbon ayak izi maliyetleri bu hesaplama dahil edilmemektedir.

Kaynak: IRENA

Aralık 2021

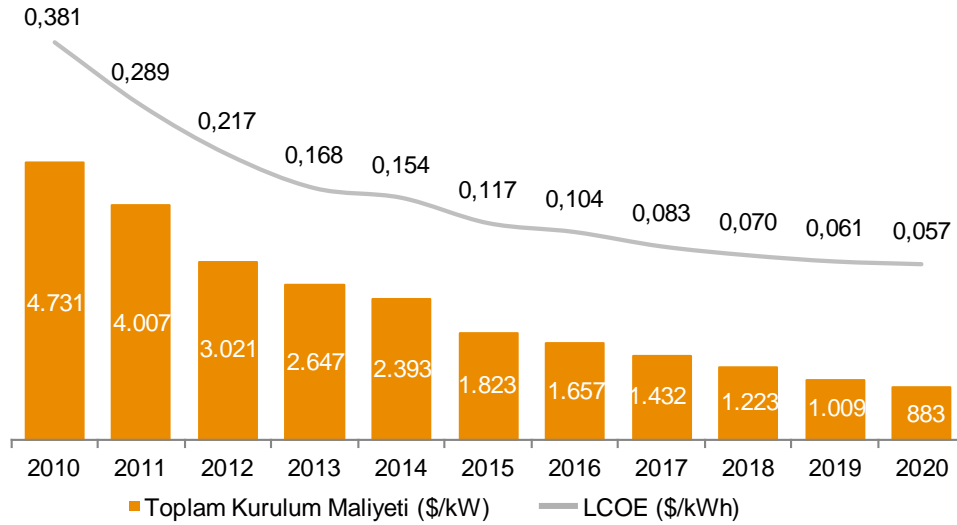
Ortalama elektrik üretim maliyetinde 2010-2020 yılları arasında en büyük düşüş %85 ile güneş enerji santrallerinin ortalama maliyetlerinde gerçekleşmiştir. Hücre teknolojilerinde elde edilen ilerlemeler sayesinde artan verimlilik enerji maliyetinin düşmesinde en büyük etkiyi yaratmıştır.

Elektrik Maliyetlerinin Yıllık Ortalama Değişimi (% , 2010-2020)



Grafik 18

Güneş Elektrik Üretim Maliyeti (\$, 2010-2020)

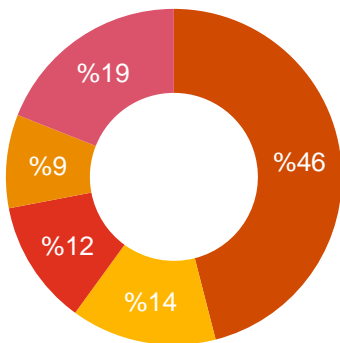


Özellikle son bir yıldır artan emtia fiyatları ve nakliye maliyetleri, güneş paneli maliyetlerini de artırmaktadır. Diğer taraftan, üreticiler genellikle malzeme stokları bulundurduğu ve sözleşmeleri önceden belirlenen fiyatlara dayalı olduğu için emtia fiyatlarındaki artışların yatırım maliyetlerini hemen etkilemesi beklenmemektedir.

2020 yılının başından beri polisilikon fiyatları dört katından fazla artarken, çelik %50, bakır %60 ve alüminyum %80 artış göstermiştir. Diğer taraftan, neredeyse altı katına çıkan nakliye maliyetleri coğrafi olarak dağıtık olan yenilenebilir enerji tedarik zinciri için ek maliyetlere yol açmıştır.

Grafik 19

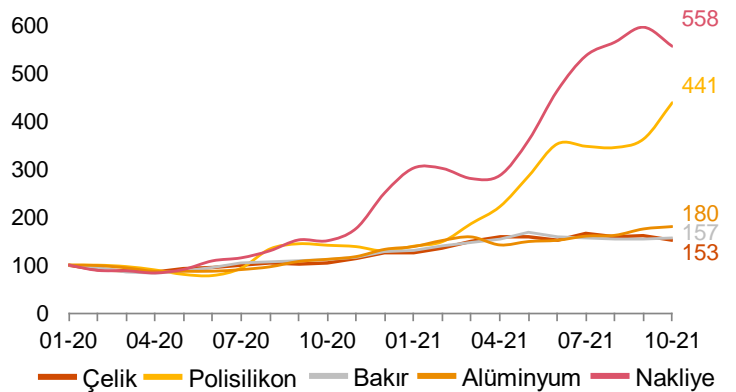
Güneş Üretim Maliyetinin Düşüşünü Etkileyen Faktörler (2010-2020)



- Modül Maliyeti
- Kurulum/EPC/Geliştirme
- Hizmet Maliyetleri
- İnvertör
- Diğer

Grafik 20

Aylık Emtia ve Nakliye Fiyatları Endeksi (Ocak 2020 = 100, 2020-2021)



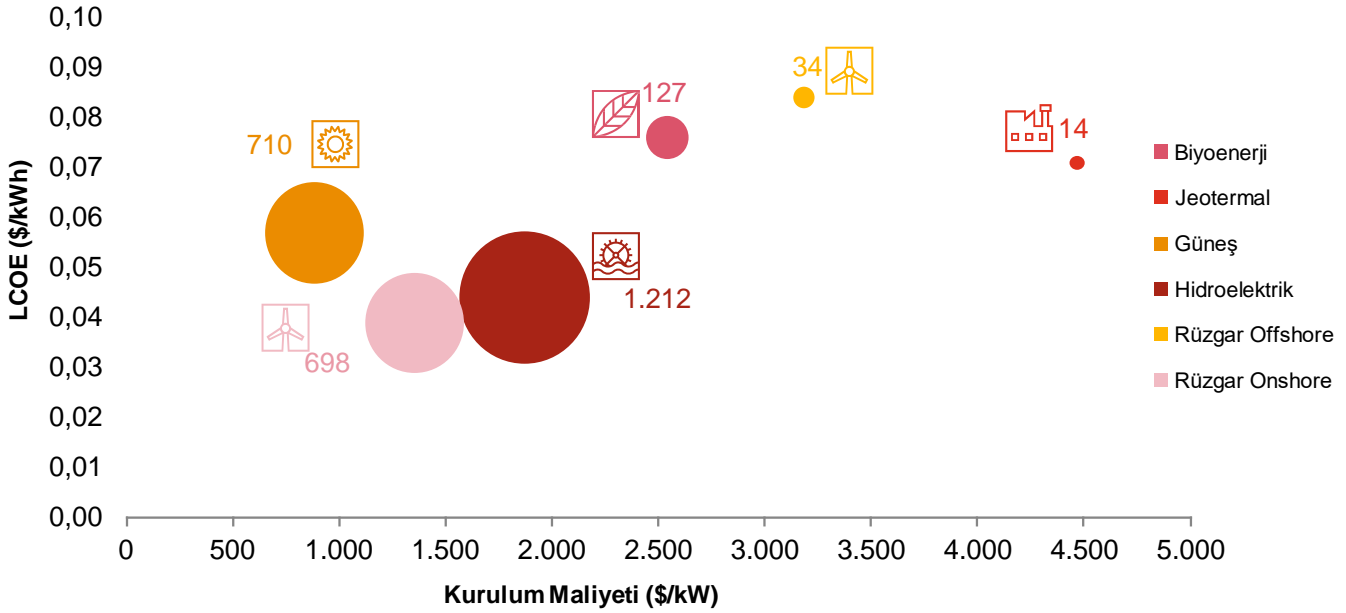
Aralık 2021

Kaynak: IEA, IRENA

Çevre etkisinin yanı sıra elektrik üretim maliyetlerinin giderek düşmesi, yenilenebilir kaynaklı enerji santrallerinin giderek artan oranda tercih edilmesinin önünü açmaktadır. Yeşil enerji kaynaklarının hem yatırım hem de bakım onarım maliyetlerinin düşmesi bu enerji kaynaklarını fosil yakıtlara göre çok daha avantajlı kılmaktadır.

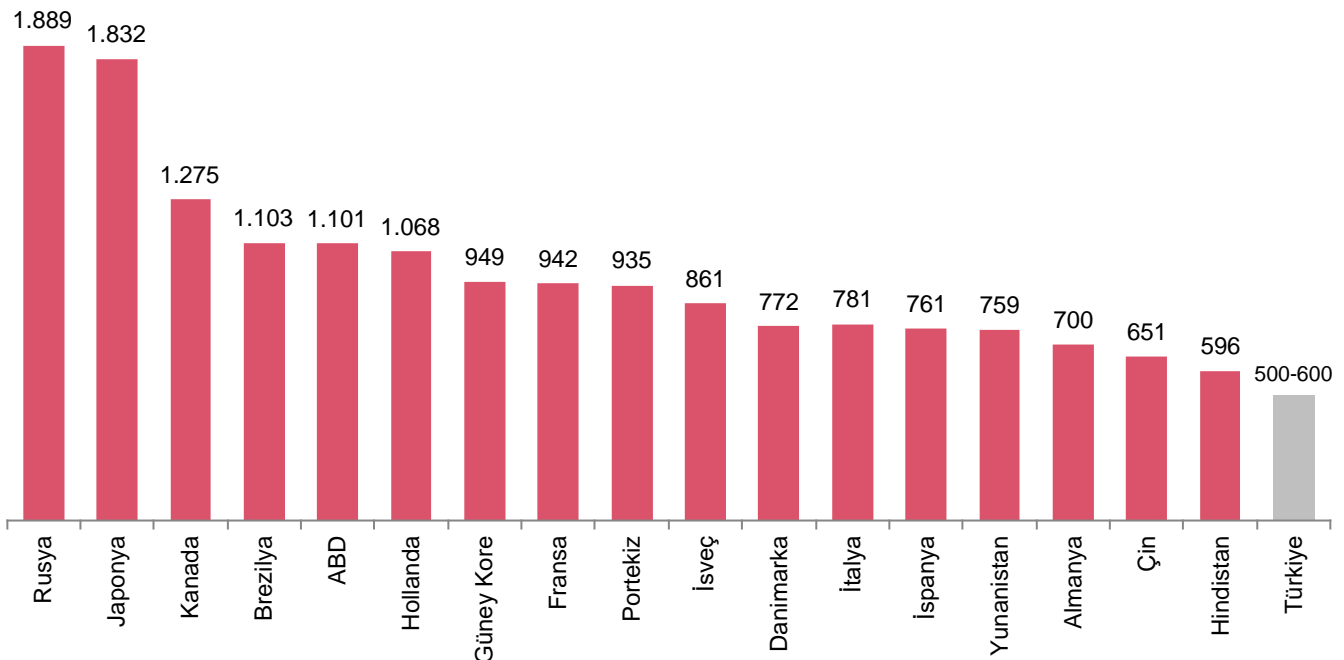
Grafik 21

Yenilenebilir Enerji Kaynakları Maliyet Karşılaştırması¹ (\$, 2020)



Grafik 22

Ülkelere Göre Şebekeye Bağlı Güneş Toplam Kurulum Maliyeti (\$/kW, 2020)



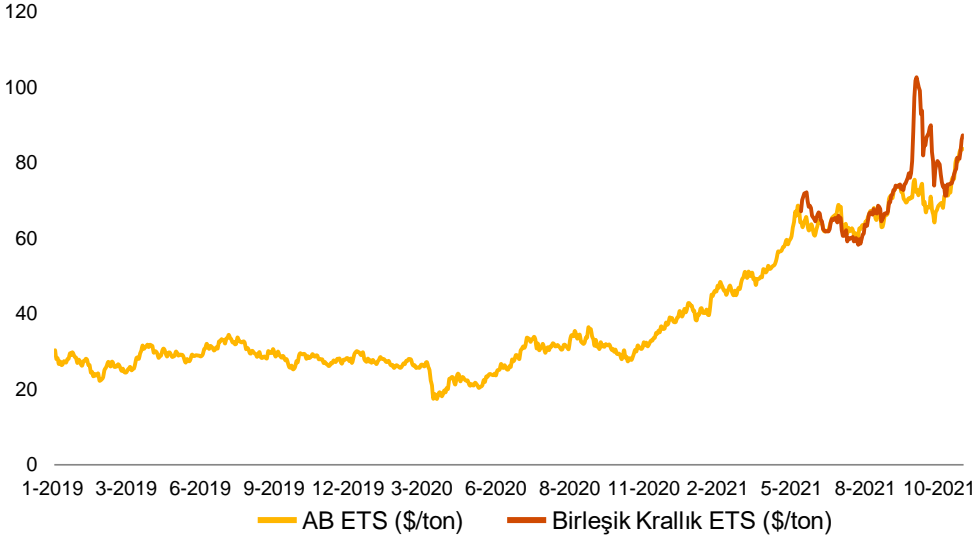
¹Balon büyüklüğü GW kurulu gücü göstermektedir.

Kaynak: IRENA, PwC Analizi

Karbon fiyatlarının da etkisiyle birlikte, yenilenebilir olmayan enerji kaynaklarının maliyet rekabeti gittikçe düşmektedir.

Grafik 23

Karbon Salım Priminin Gelişimi (\$, 2019-2021)



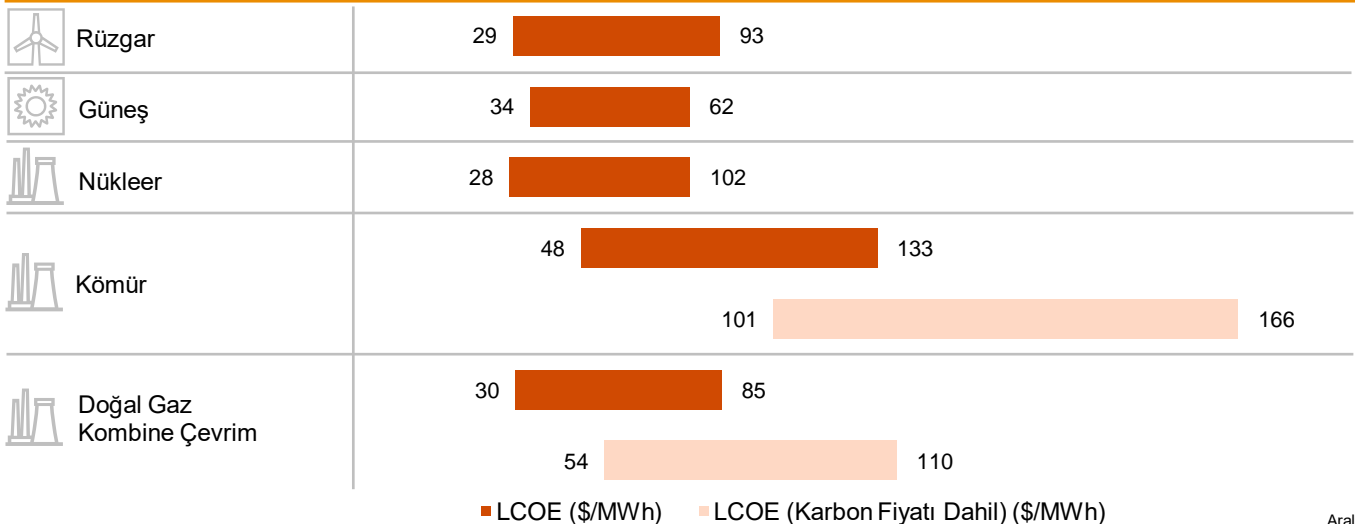
■ Avrupa'da doğalgaz arzındaki sıkışıklık ve bunun kömür fiyatı üzerindeki etkisi
 ■ Karbon salımının azaltılması adına önlemlerin artması ve COP26 iklim zirvesindeki taahhütler gibi gelişmeler enerji fiyatlarının ve dolayısıyla karbon fiyatlarının kısa vadede artmasına sebep olmuştur.

Çeşitli ülkeler, yüksek elektrik fiyatları karşısında haneler için elektrik destek paketlerini duyurmuştur. Örneğin, Fransa enerji fiyatlarındaki artışın tüketicilere yansımaması için elektrik fiyatlarını dondurma kararı almış, İtalya ve Almanya ise yeşil enerjiye geçiş kapsamında hane faturalarına yansıyan ek ödemeleri düşüreceğini belirtmiştir. Diğer taraftan, Norveç, aylık 5.000 kWh'e kadar elektrik tüketimi yapan hanelere destek sağlanacağını ve bu kapsamda belirli bir ücreti aşan tutarın yarısının ödeneceğini duyurmuştur.

Grafik 25'te enerji kaynaklarından ortalama elektrik üretim maliyetleri, **70 \$/ton** seviyesindeki gösterge karbon salım primi fiyatının yenilenebilir olmayan enerji kaynaklarından elektrik üretim maliyeti üzerindeki etkisiyle birlikte gösterilmektedir.

Grafik 24

Elektrik Üretim Maliyeti Karşılaştırması ve Karbon Emisyon Priminin Etkisi (\$/MWh, 2020)



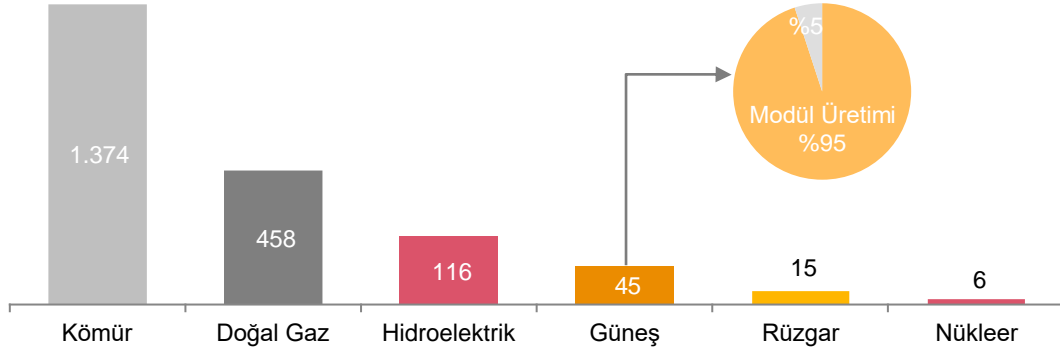
Aralık 2021

Kaynak: Avrupa Komisyonu, IEA

Güneş enerji santralleri çok düşük seviyede sera gazı salımına neden olmaktadır. Bunun en aza indirgenmesi için, özellikle panel ve hücre üretim süreçleriyle ilgili, alınabilecek farklı aksiyonlar bulunmaktadır.

Grafik 25

Enerji Kaynaklarının Yaşam Döngüsü Sera Gazı Salımları (CO₂e/kW, 2020)



2020 yılı itibarıyla bir güneş santralının yaşam döngüsü boyunca ortalama ürettiği sera gazı salımı aynı büyüklükte bir kömür santraline göre yaklaşık %97, doğal gaz santraline göre ise %90 daha az seviyededir. **Güneş teknolojisinin neden olduğu karbon salımının neredeyse tamamı hücre ve panel imalatında kullanılan malzemelerin, bileşen üretimi ve dağıtım sırasında ortaya çıkmaktadır.**

Yüksek kaliteli polisilikon üretiminden kaynaklanan salımın azaltılması

Elektrik tüketiminin yüksek olduğu hücre üretim sürecinde yeşil enerji kullanımıyla karbon salımı azaltılabilecektir. Avrupa'nın en büyük polisilikon üreticilerinden biri olan **Wacker**, Norveç'teki entegre tesisinde düşük karbon ayak izine sahip hidroelektrik kullanarak MG-Si üretmektedir. Wacker böylece son 15 yılda polisilikon üretimindeki elektrik tüketiminin karbon salımını yaklaşık **%50** oranında azaltabilmiştir.

Hücre verimliliğinin artırılmasıyla elektrik üretiminin artırılması

Hücre verimliliğinin artırılmasıyla, her bir hücre başına güç artacağından birim elektrik başına karbon ayak izi azaltılabilecektir. Günümüzde yüksek verimlilik sunan **HJT** ve **Tandem** gibi hücre teknolojileri bulunmaktadır. **HJT** hücreleri, yüksek verimlilik ve güç yoğunluğu için kristal silikon hücrelerin ve ince film teknolojisinin avantajlarını birleştiren bir hücre tasarım yapısıdır.

Ayrıca, gelişmiş üretim süreçlerinde daha az üretim adımı bulunmakta ve hücre üretimi için yüksek sıcaklığa ihtiyaç duyulmamaktadır. Böylece önemli miktarda enerji tasarrufu sağlayan yenilikçi hücre teknolojileri ile güneş hücrelerinin karbon ayak izi azalmaktadır.

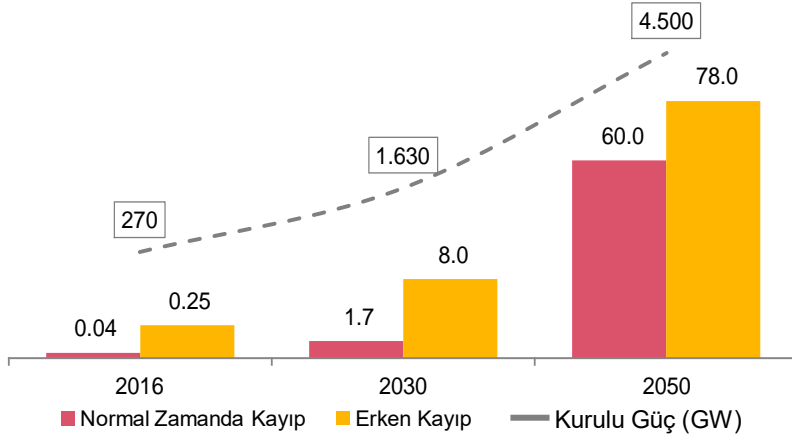
Yerel Güneş Paneli Üretiminin Teşvik Edilmesi

Avrupa'da büyük hacimli wafer, hücre ve modül üreticileri bulunmamasına rağmen, dinamik Ar-Ge ekosistemi sayesinde, güneş enerjisinin geleceğine şekil verecek yenilikçi teknolojiler açısından önemli bir merkezdir. Avrupa'da üretilen bilginin nihai hücre ve panellerin kullanıldığı yatırım merkezlerine yakın bölgelerde üretilmesi özellikle üretim sürecindeki yüksek karbon ayak izinin azaltılabilmesine destek verecektir. Bu kapsamda, EIT InnoEnergy ve SolarPower Europe tarafından 2021 yılında ve Avrupa'daki güneş ekosistemini 2025 yılına kadar büyütmeyi hedefleyen Avrupa Güneş Girişimi (European Solar Initiative) başlatılmıştır. 2025 yılına kadar Avrupa'da yıllık **20 GW** hücre üretim kapasitesine ulaşmayı hedefleyen bu girişim potansiyel paydaşlar belirleyerek ve finansal yatırımcılara ulaşarak, Avrupa'daki güneş paneli üretim projelerinin sayısını artırmayı amaçlamaktadır.

Güneş panellerinin 30 yıl kadar uzun sürelerde kullanılabilir olması kısa ve orta vadede eskiyen santrallerin yeniden dönüşümle ekonomiye kazandırılması konusundaki endişeleri bir süreliğine ertelemiş durumdadır. Yine de, güneş panellerinin döngüselliklerinden emin olmak için farklı uygulamalara ve projelere yatırımlar yapılmaktadır.

Grafik 26

Küresel Güneş Paneli Atık Projeksiyonu (m ton, 2016-2050)¹



2030 itibariyle güneş paneli kaynaklı atıkların önemli ölçüde artmasıyla orta ve uzun vadede çeşitli zorlukların ortaya çıkması beklenmektedir. Güneş paneli bileşenlerinin hepsi geri dönüşüm için ekonomik değer teşkil etmekle birlikte, en az kayıpla geri dönüştürülmeleri için özel bir geri dönüşüm sürecine dahil olmaları gerekmektedir. Diğer taraftan, güneş paneli atıklarının önümüzdeki yıllarda satış fırsatı gibi yeni ekonomik faydalar sağlaması beklenmektedir.

Güneş paneli modülünde bulunan malzemelerin çoğu cam, alüminyum ve plastikten oluşmaktadır. Güneş paneli modülleri, kullanım ömürlerinin sonunda, cam veya metaller için mevcut geri dönüşüm tesislerinde işlenmekte ve malzemeleri ayırmak için genel olarak mekanik işlemler kullanılmaktadır. Çoğunluğu alüminyum çerçeveler ve camdan oluşmakla birlikte, ağırlıkça %90'a varan geri dönüşüm verimleri elde edilmektedir. Diğer taraftan, plastik fraksiyonun yakımından enerji geri kazanılmaktadır. Bu kapsamda, bir güneş paneli modülünün büyük malzemeleri işlenerek geri dönüştürülürken, değerli malzemelerin küçük kısımlarının geri kazanılması güneş panellerinin temel döngüsellik sorununu oluşturmaktadır.

Üretim Aşamasında Döngüsellik

Güneş panelinin korunmasında arka tabaka önemli rol oynamaktadır. Avrupa'da bulunan güneş paneli üreticileri florlu maddeler içermeyen bileşenler kullanarak halojeniz arka tabaka üretimine öncülük etmiştir. Böylece, güneş panelindeki tehlikeli maddenin önemli miktarda azalması, daha az karbon ayak izine neden olması, panelin faaliyet ömrü tamamlandığında atıktan enerjiye dönüşüm maliyetinin azalması ve kapalı döngü geri dönüşümlerinin gerçekleştirilmesi gibi önemli gelişmeler sağlanmaktadır.

Optimize Edilmiş Geri Dönüşüm

CABRISS, güneş modüllerinden elde edilen malzemelerden fotovoltaik, elektronik ve cam endüstrileri için döngüsel bir ekonomi geliştirmeyi amaçlayan 16 Avrupa şirketi ve araştırma enstitüsünün ortak girişimidir. CABRISS, 2015'ten beri üretim aşamasındaki ve kullanım ömrü tamamlanmış modüllerden kaynaklanan panel atıklarını ayırmak, saflaştırmak ve geri dönüştürmek için yöntemler geliştirmektedir. Proje, panel bileşenlerinin %95'inden fazlasının geri kazanılabileceğini göstermiştir.

Yeniden Kullanım ve Onarım

Modülleri sökmeden sahada onarmak veya güçlendirmek, yüksek değerdeki malzemeleri daha uzun süre kullanmak için uygun bir seçenektir. Güneş panellerinin ekonomik ömrünü uzatarak faaliyetten çıkmaları ertelenebilmektedir. Ekonomik ömrünü tamamlamış panellerin önemli bir kısmı hasar görmemiş olabilir ve basit bir onarım ile yeniden kullanıma hazır hale getirilebilmektedir.

¹Grafikte 2016 yılına ait projeksiyonlar kullanılmıştır.
Kaynak: IRENA, SolarPower Europe

Enerji'den sonra en fazla sera gazı salımına neden olan tarım faaliyetleri; yağış zamanlamasının ve miktarının artan değişkenliği, ortalamanın üzerinde sıcaklıklar veya uzun süreli kuraklıklar gibi aşırı iklim olaylarının artması nedeniyle iklim değişikliğine karşı savunmasız konuma gelmiştir.

Agrisolar (TarımGES), bir güneş enerji sisteminin tarımsal faaliyete entegrasyonunu ifade etmektedir. Agrivoltaic (veya Agri-PV) sistemleri veya çatı güneş enerjisinin tarımsal binalara yerleştirilmesi gibi güneş enerjisi ve tarım sektörleri arasında tasarlanan yenilikçi çözümler bu uygulamalar kapsamındadır.

TarımGES'in sağladığı faydalar arasında iyi güneşlenen alanlarda daha aktif faydalanarak yüksek elektrik üretimi, daha yüksek mahsul verimi ve daha az su kullanımı dahildir. Birçok gıda ürünü, doğrudan güneşten korundukları ve terleme yoluyla daha az su kaybı yaşadıkları için güneş panellerinin gölgesinde daha iyi büyümekte ve böylece gıda üretimi korunurken su kullanımı da azaltılmaktadır. Diğer taraftan, güneş panelleri için önemli bir avantaj, verimliliklerinin artmasıdır.

- Sürdürülebilir bir şekilde tasarlanıp yönetildiğinde, hektar başına verimliliği artırırken, aynı zamanda toprak bozulmasını, su kullanımını veya tek kullanımlık plastiklerin kullanımını da azaltabilmektedir.
- Tarımsal faaliyetleri dolu, aşırı güneş radyasyonu gibi beklenmedik ve aşırı hava olaylarından, zararlılardan ve hastalıklardan koruyabilmekte ve gölgeleyebilmektedir.
- Kırsal toplulukların daha rekabetçi ve sürdürülebilir olmasını sağlayabilmektedir.
- Daha yüksek arazi kullanım verimliliğine ulaşılmasını sağlamaktadır.

Çalışmalar, TarımGES sistemlerinin eşdeğer monosistemlerle karşılaştırıldığında arazi kullanım verimliliğini

%60-%70

oranında artırabileceğini göstermektedir.



Önemli TarımGES Projeleri

Alman enerji şirketi Steag, güney İtalya'da birkaç zeytinlik üzerinde toplam **244 MW**'lık üç teşviksiz GES inşa etmeyi ve böylece aynı saha üzerinde hem zeytin üretimi hem de yeşil enerji üretimini gerçekleştirmeyi planlamaktadır.

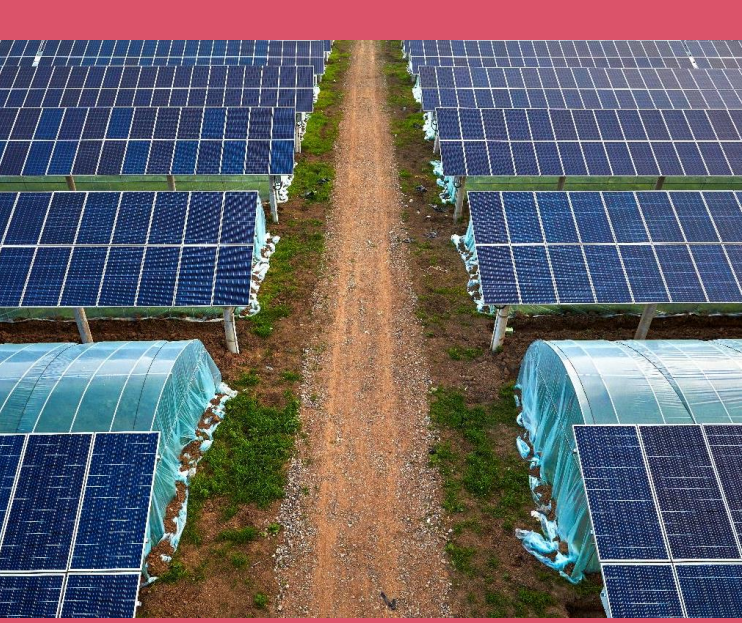
İspanyol-Japon ortak girişimi Univergy Solar ve yerel ortak New Energy Development, 2021'in sonunda **120 MW**'lık TarımGES projesinin inşaatına başlayacaklarını açıklamıştır.

Beijing Energy International Holding, Çin'de **112 MW**'lık bir TarımGES projesi için planlarını açıklamıştır.

Dikey olarak monte edilen bifacial modüller geliştiren Next2Sun, Almanya'da bulunan **4 MW** kurulu güce sahip TarımGES projesinin yanı sıra hayvancılıkta kullanılan güneş çitleri de geliştirmektedir.

Almanya merkezli BayWa, Hollanda'da hem bitkileri koruyan hem de yeşil elektrik üreten **4.500** panel ve **1,2 MW** kurulu güce sahip bir tarımsal güneş enerjisi projesi tamamlamıştır.

Sürdürülebilir tarıma geçiş, Avrupa Yeşil Mutabakatı'nın temel önceliklerinden biridir. Enerji sektörünün karbondan arındırılmasına katkıda bulunabilecek olan TarımGES sistemlerine yönelik çeşitli uygulamalar bulunmaktadır.



Yükseltilmiş Güneş Panelleri ve Ekinler

Güneş panelleri, elektrik üretmenin yanı sıra bahçecilik, ve çeşitli mahsuller için barınak sağlama amacıyla yükseltilmiş yapılara yerleştirilebilir. Bu sistem için uygun mahsuller arasında *kırmızı meyveler* bulunmaktadır.

Seralar

Mahsulleri dış etkenlerden ve hava tehlikelerinden koruyan seralar, Avrupa'nın tarımsal peyzajlarına tamamen entegre edilmiştir. Kapsamlı yapı yelpazesi ve çeşitliliği, teknik ve teknolojik özellikleri, seraları yerleştirildikleri ortamın iklimsel ve ekonomik koşullarına kolayca uyulanabilir hale getirmektedir. Sera sistemi için uygun mahsuller arasında *roka, brokoli, pazı, maydanoz, fesleğen, ıspanak, nane gibi yeşilliklerin yanı sıra tatlı patates ve kabak* gibi ürünler de bulunmaktadır.

Güneş Enerjisi ve Hayvancılık

Yerde kurulu güneş enerjisi santrallerinde hayvancılık yapmak oldukça yaygın bir uygulamadır. Bu tür projelerde, hayvanların bu merada otlayabilmesi için güneş panellerinin arasında ve altında mera ve kalıcı otlakların büyümesi için alan bırakılmaktadır. Bu sistemlerde yaygın olarak yer alan hayvanlar arasında *koyun, sığır, kümes hayvanları ve atlar* bulunmaktadır.

Güneş Panelleri ile Farklı Ekosistem Sağlamak

Yere monte edilmiş güneş enerji sistemleri, yerel fauna habitatlarının yaratılması veya yaban hayatı için proje sahasından geçiş koridorları oluşturulması gibi biyoçeşitliliğin korunmasını destekleyen ekosistem hizmetleri sağlamak için tasarlanabilmektedir.

Çiftlik Binalarında Güneş

Güneş panelleri aracılığıyla çiftlik binalarına çatı güneş sistemleri entegre edilebilmektedir.



Kaynak: Solar Power Europe

Yenilenebilir enerji santrallerinin öngörülmesi zor kaynak özelliklerinin neden olduğu güç kesintilerinin önüne geçmek ve kaynak kullanılabilirliğinin düşük olduğu zamanlarda sisteminin sürekli çalışmasını sağlamak için bir çözüm sunan hibrit sistemler, son yıllarda öne çıkmaktadır

Hibrit enerji üretim sistemlerinde, düşük karbon teknolojileri olmalarına ek olarak enerjilerinin üretim yapabildiği saatlerin genellikle birbirini tamamlar nitelikte olması nedeniyle özellikle güneş ve rüzgar enerjisinden faydalanılmaktadır. Güneş'in ışınım enerjisine paralel olarak sabah ve öğlen saatlerinde optimal üretim yapan güneş panelleri, sabahın ilk saatlerinde ve akşamları enerji üretimi yapan rüzgar türbinleri ile aynı tesiste birleştirildiğinde herhangi bir GES veya RES'e göre daha devamlı şekilde üretim yapabilen sistemler kurulabilmektedir. Bunlara ek olarak güneş enerjisi sistemlerinin hidroelektrik santraller gibi diğer düşük karbon enerji üretim yöntemleri ve depolama ile birlikte kullanılması da mümkündür.

Hibrit Sistemlerin Avantajları

- Yüksek kapasite faktörü ve artan proje karlılığı
- Yatırım geri dönüş süreleri
- Kaynakların en efektif ve sürdürülebilir şekilde kullanılması
- İyileştirilmiş verimlilik

İlk yüzer güneş sisteminin, **2007 yılında Japonya'nın Aichi kentinde** inşa edilmesinin ardından genel olarak araştırma ve uygulama ile işleyişini gösterme amacıyla bazı ülkeler küçük ölçekli sistemler kurmaya başlamıştır. Orta-büyük ölçekli yüzer güneş sistemleri başta Japonya, Güney Kore ve Amerika Birleşik Devletleri'nde olmak üzere 2013 yılı itibariyle yaygınlaşmaya başlamıştır.

Yüzer GES sistemleri, arazisi kısıtlı olan ülkelerde ve hidroelektrik barajlar gibi mevcut şebekelere yakın su alanları olan, uygun koşullara sahip yerlerde güneş enerjisi santrali kurmak için önemli bir fırsat sunmaktadır. Bu bölgelerin mevcut alt yapıları kullanılabilceğinden, yüzer güneş sistemlerinin maliyet açısından rekabetçi konumda olduğu söylenebilmektedir.

2018 yılında 1,1 GW olan tamamlanmış veya devam eden yüzer GES projelerinin kurulu gücü iki kattan fazla artarak 2020 itibariyle toplam 2,6 GW seviyesine ulaşmıştır.

Asya Bölgesi'nde bulunan ve pazar payı en yüksek olan 6 ülkenin, **toplam yüzer GES kurulu gücünün %74'ünü oluşturduğu** bilinmektedir.



Özellikle GES için ideal arazinin kısıtlı olduğu ancak yoğunluklu olarak barajlı hidroelektrik santrallerden elektrik tüketimini karşılayan ülkeler için yüzer GES sistemleri önemli bir potansiyel sağlamaktadır.

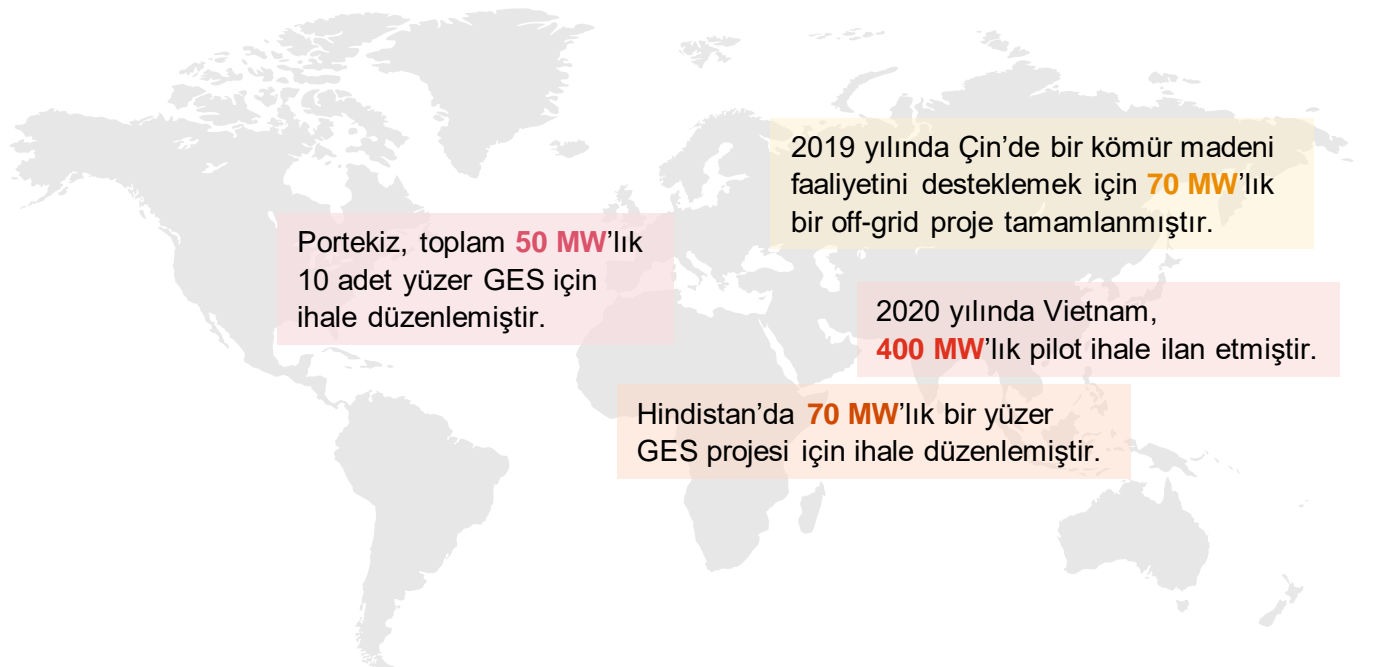
Yüzer GES, sistem kurulumu ve tüm paneller ile invertörün bir sabitleme sistemi ile yüzer bir platform üzerine sabitlenmesi yönüyle yere monte edilen güneş sistemlerinden ayrılmaktadır. Sistem kurulumu için araziden tasarruf sağlanabilmekte ve arazinin kısıtlı olduğu yerlerde de kurulum potansiyeli bulunmaktadır.

400 GW

Yapılan araştırmalar, dünyadaki mevcut potansiyel alanın sadece %1'inin kullanılması durumunda yüzer GES kapasitesinin **400GW**'a ulaşabileceğini göstermektedir.

Hidroelektrik üretim tesisleri gibi su sahaları ile birleştirilen yüzer GES sistemleri, **su yüzeyinin aşırı ısınmasına engel olmakta** ve **suyun buharlaşmasını azaltmaktadır**. Dolayısıyla yüzer GES sistemleri küresel ısınmanın bir sonucu olarak karşı karşıya kaldığımız kuraklık tehlikesine de önlem olarak kullanılabilir. Bu sistem, diğer taraftan altındaki sudan gelen soğutma etkisi nedeniyle yere monte sistemlere göre **daha yüksek verimlilik sağlayabilmektedir**.

Asya ülkeleri yüzer GES piyasasının büyük bir çoğunluğunu oluşturmakla birlikte, özellikle Hollanda, Fransa, İngiltere ve Portekiz gibi Avrupa ülkeleri de büyük bir yüzer GES potansiyeline sahiptir. 35 ülkede tamamlanmış veya devam eden projeler kapsamında, **yıl sonuna kadar en az 2,4 GW** büyüklüğünde ek yüzer GES kurulu gücünün faaliyete geçmesi beklenmektedir.



Kaynak: IRENA, IHS Markit

Aralık 2021

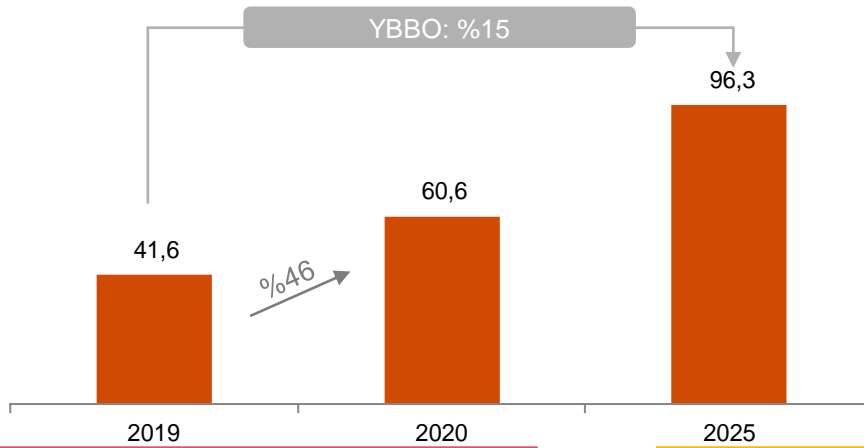
Dağıtık enerji kaynakları, son kullanıcıların yakınında, iletim sistemine direkt bağlantısı olmayan ve dağıtım şebekesine bağlanan küçük veya orta ölçekli güç kaynaklarıdır. Güneş sistemlerinde dağıtılmış enerji kaynakları, çatılardaki güneş panelleri gibi sistemlerden gelmektedir.

Sayaç arkasında çalışan güneş enerjisi sistemleri ve depolama modelleri, tüketicilerin çatı GES tarafından üretilen elektriği kendi tüketiminde kullanmasına, fazlasını depolamasına ve ihtiyaç durumunda tüketmesine veya şebekeye satmasına olanak sağlamaktadır. Çatı üstü güneş sistemleri, özellikle teşvikler ve düşük maliyetler gibi gelişmeler sayesinde gelişme göstermiştir.

Çatı GES, ek alan ihtiyacı yaratmadan, binaların soğutma, aydınlatma, havalandırma, ısıtma, sıcak su gibi ihtiyaçlarının önemli bir kısmını karşılayabilmektedir. Elektriğin %100'ünün doğrudan tüketilmesiyle, çatı GES birincil enerji talebini büyük oranda azaltabilmektedir.

Grafik 27

Çatı Üstü FV Kurulu Güç Gelişimi (GW, 2019-2025)



Enerji maliyetinin azalmasını sağlayan çatı GES, lisanssız olarak üretilen elektriğin ihtiyaç fazlasının elektrik sistemine satılarak gelir elde edilmesine olanak sağlamaktadır.

Çin – 120 MW

Çin'in bir sanayi bölgesinde kurulan **120 MW** büyüklüğündeki çatı GES, 2020 yılında elektrik üretimine başlamıştır.

Hollanda – 7 MW

BayWa ve Goodman, Hollanda'da **33.300 m²** alana sahip bir lojistik merkezinde **7 MW**'lık çatı GES geliştirmeye başlamıştır.

Türkiye'de yapılan en büyük çatı üstü GES projesi **12,7 MW** kurulu güce sahip olup **SANKO Tekstil**'in Adıyaman'da faaliyet gösteren iplik üretim tesislerinde kurulmuştur.

Smart Güneş Teknolojileri, **Tosçelik Üretim Tesis**'inin **200 bin m²** büyüklüğündeki çatısına **10 MW** kapasiteli çatı tipi GES kurulumunu gerçekleştirmiştir.

Göktekin Enerji, Adana'da **Atlas Denim**'in çatısı üzerinde **8,3 MW** kurulu güce sahip GES kurmuştur.

Kaynak: IRENA, SHURA, SolarPower Europe, PV Magazine

Aralık 2021

Bir elektrik şebekesine bağlı olmayan, şebekeden bağımsız (Off-grid) güneş enerji santralleri, enerji talebini karşılamak ve evrensel enerji erişimini sağlamak konusunda önemlidir. Modüler ve dağıtılmış yapısı sayesinde güneş panelleri, çok çeşitli şebeke harici sistemlere uyarlanabilmektedir.

2030 yılına kadar ekonomik, temiz, güvenilir, sürdürülebilir ve modern enerjiye evrensel erişim hedefi sürdürülebilir kalkınmanın temellerinden birini oluşturmaktadır.

(BM Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları 7. Maddesi),

Günümüzde dünya çapında elektriğe erişimi olmayan yaklaşık **759 milyon**, güvenilir bir şebekeye erişimi olmayan yaklaşık **1 milyar insan** bulunmaktadır.



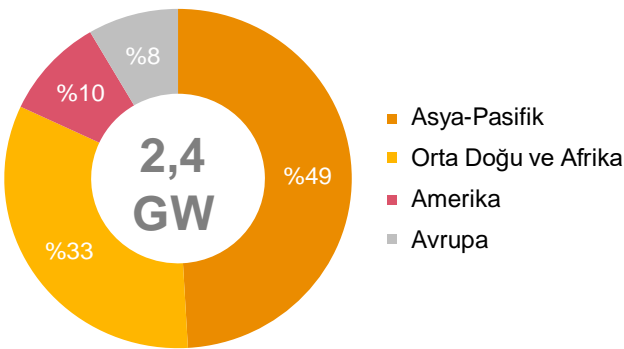
**Erişilebilir ve
Temiz Enerji**

Şebekeden bağımsız sistemler, genellikle elektrik şebekesinin olmadığı veya şebekeye bağlanma maliyetinin yüksek olduğu durumlarda kullanılmaktadır. Bu sistemler daha küçük olmakla birlikte; genellikle kırsal alanlardaki küçük ölçekli projeler için, gelişmekte olan ve yeterli altyapısı olmayan ülkelerde geçici çözüm olarak ya da şebekeden ayrılmak isteyen tüketiciler için kullanılmaktadır.

Şebekeden bağımsız GES sistemlerinin önemli bir özelliği, enerji erişimi ihtiyacını karşılamak için hızla dağıtılabilir, güvenilir ve çoğu durumda ekonomik olarak en sürdürülebilir seçeneği sunmasıdır. Bu uygulamalar, enerji sistemlerinin dayanıklılığını verimli bir şekilde artırabilir, enerji güvenliğini iyileştirebilir, toplulukları güçlendirebilir, yerel ve bölgesel CO₂ emisyonlarını azaltabilir ve enerji fiyatlarının düşmesini teşvik edebilmektedir.

Grafik 28

Şebekeden Bağımsız GES Kurulu Gücü Dağılımı (% , 2020)



Şebekeden bağımsız güneş sistemleri, toplam şebekeden bağımsız sistemlerin yaklaşık

%85'ini oluşturmaktadır.



2020 yılında şebekeden bağımsız FV sistemlerinin küresel kurulu kapasitesi,

1,7GW artmıştır.

Şebekeden bağımsız GES kurulu gücünün büyük bir kısmını Asya Pasifik ve Orta Doğu oluşturmaktadır. Bu durum, büyük ölçekte elektriğe veya güvenilir şebekeye erişimi olmayan kişi ve kurumların sayısından ve şebekeden bağımsız GES sistemlerinin bu bölgelerdeki elektrifikasyon geliştirmelerinin önemli bir ayağını oluşturmasından kaynaklanmaktadır.

Şebekeden bağımsız sistemlerin gelişmesinin bir nedeni, hücre ve panel maliyetlerindeki hızlı düşüş ve bu sistemlerin enerji erişimini genişletmek için maliyet açısından rekabetçi konuma gelmesidir.

Kaynak: IRENA

Aralık 2021



Güneş Enerji Sistemleri ve Küresel Panel Endüstrisi

Güneşin yaydığı ışınım ile termal enerji ve elektrik enerjisi üretimi yapılabilmektedir. Elektrik üretimi için kullanılan ve sistemin kalbi olan güneş hücreleri, güneş ışığını doğrudan elektrik akımına dönüştüren bir araçtır.

Güneş hücrelerinden elektrik üretiminde; çoğunlukla silisyum bazlı güneş hücreleri, panel ve panel yüzeylerini koruyan camlar, enkapsülant, alüminyum çerçeveler ve transparan arka tabaka gibi malzemeler kullanılmaktadır. Hücrede oluşturulan pozitif ve negatif yüklü kısımlar, elektron hareketi için potansiyel fark oluşturmaktadır. Bu sayede güneş hücrelerine çarpan ışık, hücrelerin atomlarının etrafındaki elektronların yerini değiştirerek elektrik akımı yaratılmasını sağlar. Elde edilen doğru akım, invertör aracılığıyla alternatif akıma dönüştürülmektedir.

Gelecekte net karbon salımı hedeflerine ulaşılmasında; kurulum kolaylığı ve diğer yenilenebilir enerji kaynakları ile karşılaştırıldığında seviyelendirilmiş elektrik maliyeti son 10 yılda 6.7 kat düşerek en hızlı azalan güneş enerjisi teknolojisinin rüzgar enerjisi ile birlikte elektrik üretimine liderlik edeceği öngörülmektedir.



Güneşten termal enerji üretiminde kullanılan yöntemler, **günısı** ve **güneş termal yoğunlaştırılmalı enerji santralleri** olarak özetlenebilir.

Günısı teknolojisinde; paneller, akışkan, tank ve pompa sistemleri kullanılmaktadır. Bu yöntemde güneşten elde edilen termal enerji ile akışkan sıcaklığı belirlenen noktaya ulaştıktan sonra ısınan akışkan tanka transfer edilerek ısı enerji depolanıp, ısınma amacıyla kullanılabilir hale getirilmektedir. Güneşten elde edilen termal enerji, fosil yakıtlardan sağlanan ısınma amaçlı kullanıma önemli bir alternatif sunması ve yenilenebilir enerji kaynağı olması nedeniyle enerji dönüşümünü destekleyen bir alternatif olarak öne çıkmaktadır.

2020 yılı itibariyle **686 milyon m²** Günısı kurulmuş olup, küresel ısınmanın **1,5°C**'nin altında tutulması hedefine ulaşması amacıyla 2050 yılında kadar toplam **5,8 milyar m²** alana kurulumu gerektiği tahmin edilmektedir.



Güneş termal yoğunlaştırılmalı enerji santralleri'nde (CSP) güneş ışığını aynalar kullanılarak bir merkezde toplanır ve elde edilen termal enerji ile buhar üretilir. Elde edilen buhar türbinlere iletilerek elektrik enerjisi üretilir. **Dünya'da 2020 yılı itibariyle yaklaşık 7 GW'lık kurulu güçte CSP bulunmaktadır.** Bu sistemlerin son 10 yılda maliyeti önemli ölçüde azalmış olsa da, fotovoltaik güneş paneli teknolojisi ile kıyaslandığında hem kW başına düşen toplam kurulum maliyeti bakımından hem de kWh olarak seviyelendirilmiş elektrik maliyeti bakımından daha pahalı bir alternatiftir.

Dünyadaki güneş paneli hücrelerinin tamamına yakını silisyum bazlı hücre çeşitleri oluşturmaktadır.

Hücreye Olan Yolculuk



Kum

Dünya'da en yaygın hammaddelerden biri olan kum 2.000 °C sıcaklığındaki fırınlarda karbon ile birlikte pişirilerek ham silikon elde edilmektedir. Daha sonra ham silikon **Siemens** yöntemi olarak bilinen işleme sokulmaktadır. Bu yöntemde ham silikon gazlaştırılarak distilasyon kolonlarında saflaştırma işlemleri gerçekleştirilmektedir.



Polisilikon

Yüksek saflıkta polisilikon elde edilmesi hücrenin verimini doğrudan etkilemektedir. Siemens yöntemi sayesinde çeşitli saflık seviyelerinde polisilikon üretilmektedir. Günümüzde hücre üretimi için 9N ve 11N aralığındaki saflıkta polisilikon üretimi yapılmaktadır.



Ingot

Ingot büyütme aşamasında, çekirdek kristal eritilmiş polisilikona daldırılmaktadır. Bu kristal kendi etrafında döndürülerek ve yukarı yönde yavaşça çekilerek silindirik yapıda monokristal ingot üretilmektedir. **Günümüzde blok multikristal ingot büyütme yöntemi artık kullanılmamaktadır. Multikristal ingot büyütülürken polisilikonun grafit kap gibi başka maddeler ile temasından dolayı yüzeyinde oluşan bozulmalar hücre verimliliğini olumsuz etkilemektedir.**



Wafer

Elde edilen silindirik yapıdaki ingotların baş ve uç kısımları kesildikten sonra ingotun kenarları da kesilerek köşeli bir şekil oluşturulmaktadır. Bu ingotlar elmas kaplı tel testereler ile dilimlenerek hücre üretiminde kullanılmak üzere wafer elde edilmektedir.

Alternatif Gelişmeler

Günümüzde en sık kullanılan polisilikondan wafer üretim zinciri yerine araştırmalar sonucunda direkt wafer üretim yöntemi geliştirilmiştir. Bu yöntem sayesinde ingot büyütme ve dilimleme aşamaları ortadan kalktığı için üretim maliyetlerinin yarı yarıya, üretim aşamasında kullanılan enerjinin ise yaklaşık %65 oranında azalabileceği öngörülmektedir.

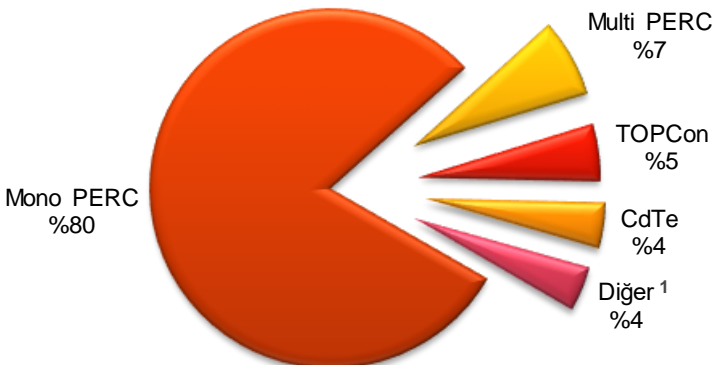
2020 yılında kurulumlarda en sık kullanılan hücre çeşidi Mono PERC hücreler olmuştur.

Hücre Türleri

Standart Multi Kr.	<ul style="list-style-type: none"> Eski teknoloji Düşük verimlilik
Standart Mono Kr.	<ul style="list-style-type: none"> Eski teknoloji Düşük verimlilik
Mono PERC	<ul style="list-style-type: none"> Güncel teknoloji Yüksek verimlilik
CIGS	<ul style="list-style-type: none"> Eski teknoloji Hammadde kıtlığı
CdTe	<ul style="list-style-type: none"> Yüksek verimlilik Toksik materyal kirliliği
Perovskite	<ul style="list-style-type: none"> Yüksek verimlilik Stabilizasyon problemleri
HJT	<ul style="list-style-type: none"> Yüksek verimlilik Yüksek maliyet
TOPCon	<ul style="list-style-type: none"> Yüksek verimlilik Seri üretime uygun
IBC	<ul style="list-style-type: none"> Yüksek verimlilik Karmaşık yapı
Tandem	<ul style="list-style-type: none"> Çok yüksek verimlilik Stabilizasyon problemleri

Grafik 30

Hücre Çeşidinde Göre Market Payı (2020)



¹ %1'ini HJT, %1'ini ise IBC oluşturmaktadır.

Kaynak: PwC Analizi, NREL

İlk Jenerasyon Hücreler

Günümüzde verimlilik üst sınırına ulaşmış olan standart multikristal ve monokristal hücreler popülerliklerini kaybederek PERC mimarisinin gelişmesiyle yerlerini Mono PERC yapısına bırakmıştır. Mono PERC yapılar günümüzde en sık kullanılan yeni nesil hücre teknolojisi haline gelmiştir.

İnce Film Hücreler

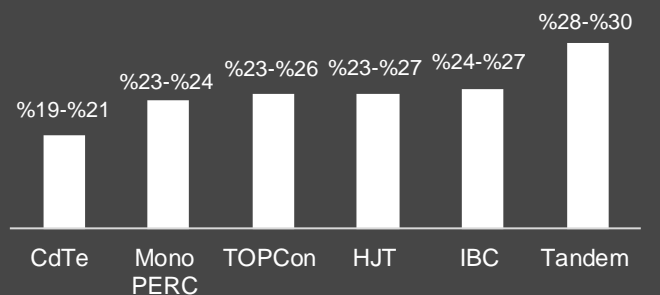
İnce film hücreler daha önceki yıllarda eski tip silikon bazlı hücrelere göre maliyet bakımından daha avantajlı olsa da, 2012 yılından sonra polisilikon fiyatlarının düşmesiyle ve PERC mimarisine gibi hücre verimliliğini arttıran yeni teknolojilerin gelişmesiyle popülerliğini kaybetmiştir. İndiyum ve Galyum materyallerinin kıtlığı nedeniyle CIGS tipi hücrelerin üretimi yapılmıyor olsa da CdTe halen %4 civarında pazar payına sahiptir.

Gelişmekte Olan Hücre Teknolojileri

Kısıtlı alandan daha iyi faydalanmak için yüksek verimliliğe sahip hücre teknolojileri geliştirilmektedir. Güneş enerjisini iyi emme özelliğine sahip olan Perovskite'in stabilizasyon problemleri üzerinde çalışılmaktadır. IBC ise diğer teknolojilere göre daha karmaşık yapıdadır. TOPCon, HJT ile karşılaştırıldığında günümüzde daha popülerdir ve daha az yatırım gerektirmektedir. Ayrıca, günümüzde sıkça kullanılan PERC üretim hatlarının TOPCon'a dönüşümü daha uygun gözükmektedir. Tandem teknolojisinde Perovskite ve silikon hücre yapıları çoklu katman olarak kullanılarak çok yüksek verimlilik elde edilmektedir. Fakat seri üretimi karmaşık ve zordur.

Grafik 31

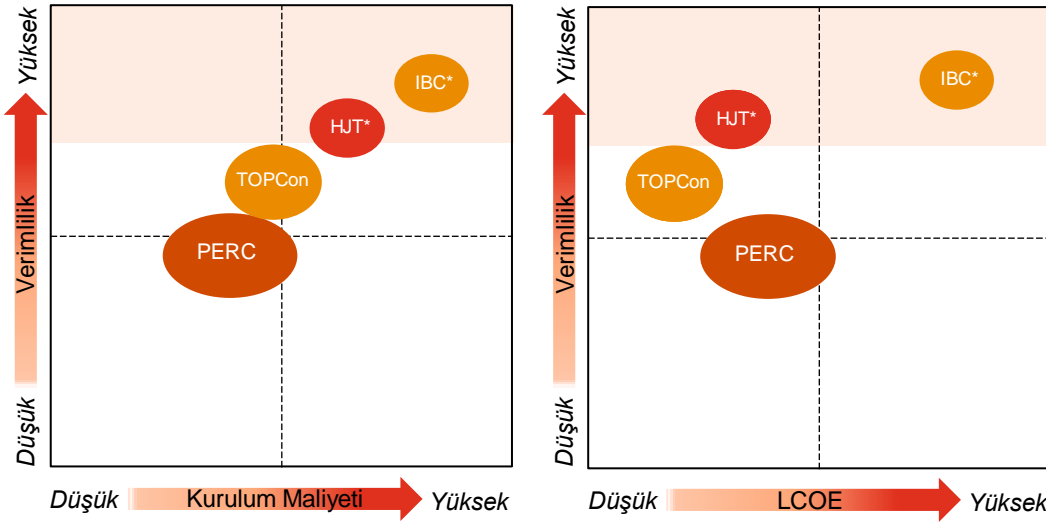
Hücre Verimlilik Karşılaştırması



Hakim teknoloji PERC'in Bifacial gibi çeşitli modül teknolojileriyle birlikte piyasa hakimiyetini koruyacağı öngörülmektedir. Daha düşük LCOE potansiyeli ve daha yüksek verimlilik sunan hücre teknolojilerinin seri üretime uygunluğu ve kurulum maliyetlerinin düşmesi konusunda araştırmalar devam etmektedir.

Grafik 32

Hücre Teknolojisi Verimliliğinin Kurulum Maliyeti ve LCOE ile Karşılaştırılması

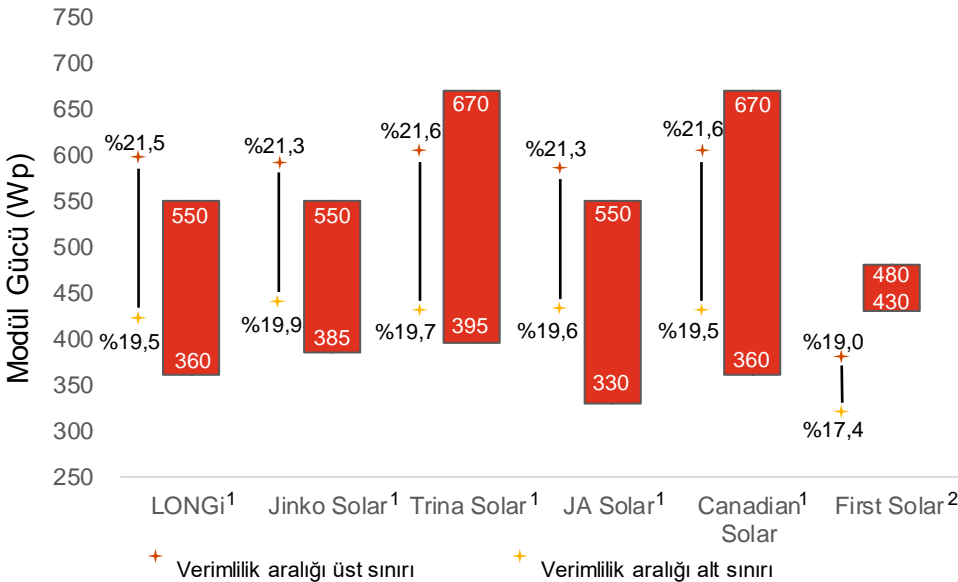


- | | |
|--------|---|
| PERC | <ul style="list-style-type: none"> Seri üretimi yapılan teknolojiler arasında en yüksek verimliliğe sahip olan hakim teknoloji Uygun LCOE ve kurulum maliyeti |
| TOPCon | <ul style="list-style-type: none"> Mevcut PERC üretim hatlarının dönüşümüne uygun Daha yüksek verimlilik ve daha düşük LCOE potansiyeli Seri üretimi için kurulum maliyetleri henüz yüksek |

(*) HJT ve IBC hücre teknolojileri laboratuvar ortamında daha yüksek verimlilik potansiyeli göstermiş olmasına rağmen seri üretim kapasitesi için araştırmalar devam etmektedir.

Grafik 33

Satılan Güneş Panellerinin Verimlilik ve Panel Gücü Dağılımı



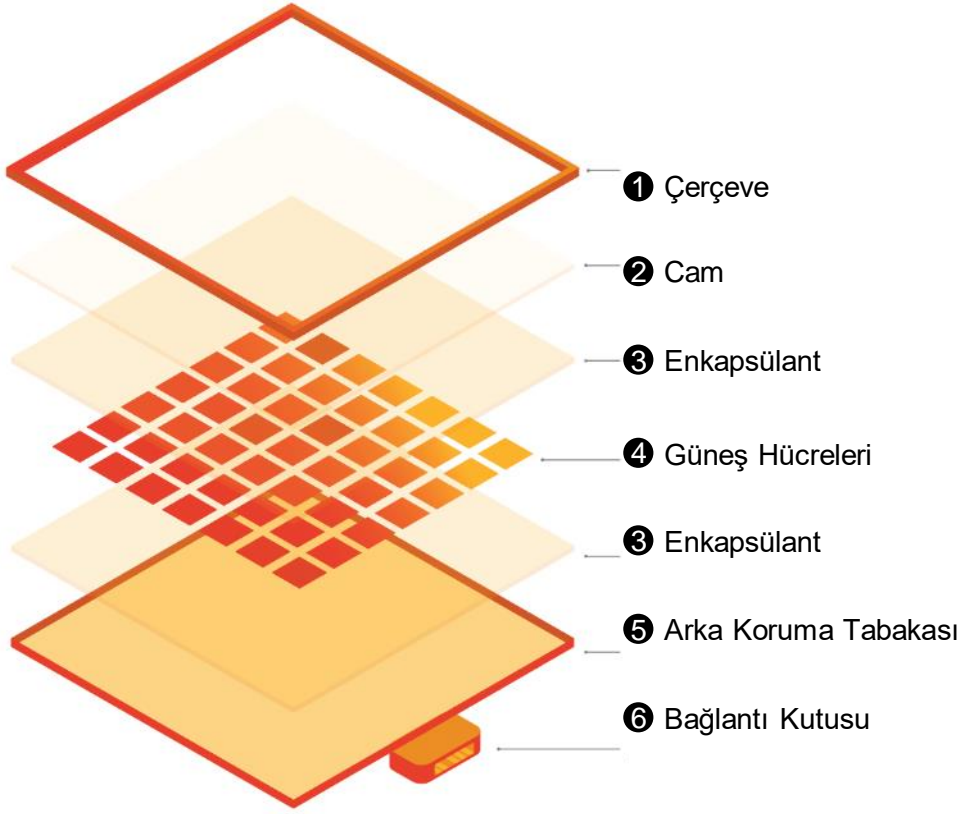
(1) : Sadece monokristal paneller dikkate alınmıştır.

(2) : First Solar'ın monokristal panel üretimi bulunmadığı için ince film panelleri dikkate alınmıştır.

Kaynak: PwC Analizi, NREL, Şirket Modül Raporları

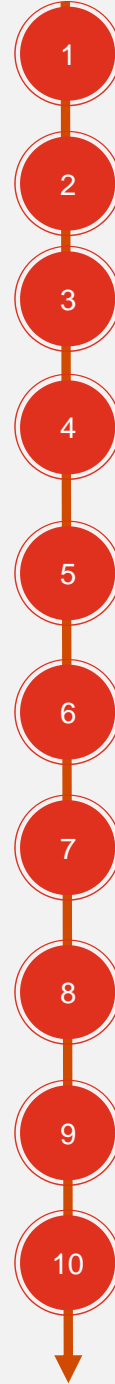
Dünyada en çok satış gerçekleştiren halka açık şirketlerin ürün grupları incelendiğinde ortalama panel verimliliklerinin %20,2 olduğu gözlemlenmektedir. Sadece monokristal paneller dikkate alındığında bu ortalamanın %20,7 seviyesinde olduğu gözlemlenmektedir.

Elektrik üretiminin kalbi olan güneş hücreleri çeşitli malzemelerle kaplanarak dış etkenlerden korunmaktadır.



- 1 Çerçeve, paneli yanlardan alabileceği darbelerle karşı ve bileşenlerini izole ederek hava şartlarına karşı korurken aynı zamanda panel montajının kolay yapılmasına olanak sağlamaktadır.
- 2 Güneş paneli camı, panelin en dışında panel bileşenlerinin hava şartlarına karşı korunmasını sağlayıp aynı zamanda panele mekanik dayanımını sağlayan ana bileşenlerdendir.
- 3 Enkapsülant, diğer parçaları birbirlerine entegre etmek için kullanılmasının yanı sıra, güneş hücrelerinin elektriksel izolasyonunu da gerçekleştirmektedir. Ayrıca, dışarıdan gelen darbelerin etkisini azaltmaktadır.

- 4 Panel içerisinde elektrik üretiminin gerçekleştiği ana merkezlerdir. Bu merkezler metalik iletkenler yardımı ile birbirlerine seri ve paralel bağlanarak panelin toplam gücü elde edilmektedir.
- 5 Arka koruma tabakası iç devrelerin dış ortam ile elektrik izolasyonunu sağlarken, mekanik arızaların da azaltılmasını sağlamaktadır.
- 6 Panelleri birbirine bağlamayı sağlayan bağlantı kutusu, güneş panelinden çıkan tüm elektrik uçlarını bir panel üzerinde toplayarak onları çevreden korumaktadır. Ayrıca, güneş panelinde üretilen doğru akımın (DC) iletildiği aksamdır.



1 En sabit maddenin cam olmasından dolayı üretim hattına ilk olarak cam yüklenir.

2 Cam yüzeyin üzerine enkapsülant serilir.

3 Bunun üzerine seri olarak bağlanmış hücrelerin dizimi yapılır

4 Dizili hücrelerin seri ya da paralel bağlantıları yapılarak panel içi devre tamamlanır.

5 Devre kurulumunun üzerine enkapsülant ve arka koruma tabakası yerleştirilir.

6 Serim sonrasında panel EL istasyonuna girerek hücre ya da lehimler kontrol edilir.

7 Kontrol sonrasında katmanlara sıcaklık ve basınç uygulanarak birbirlerine entegre edilir

8 İşlem sonrası dışarı taşan enkapsülant ve arka koruma malzemeleri kesilir.

9 Alüminyum çerçeveler montajlanarak panel hazır hale getirilir.

10 Panelin kaçak, direnç, IV, EL ve elektrik bağlantısı testleri yapılır ve gönderime hazır hale getirilir.

Günümüzde sıklıkla verimliliği arttırmak adına hücre teknolojilerinin dışında farklı teknolojiler de kullanılmaktadır.

Tracker Sistem

Günümüzde panel verimliliğini arttırmak amacıyla, güneş hareketini takip eden modüller de kullanılmaktadır. Bu modüller özellikle bulutlanmanın daha az olduğu yaz ve bahar aylarında hücre verimliliğine önemli katkıda bulunmaktadır.

Bifacial Modül

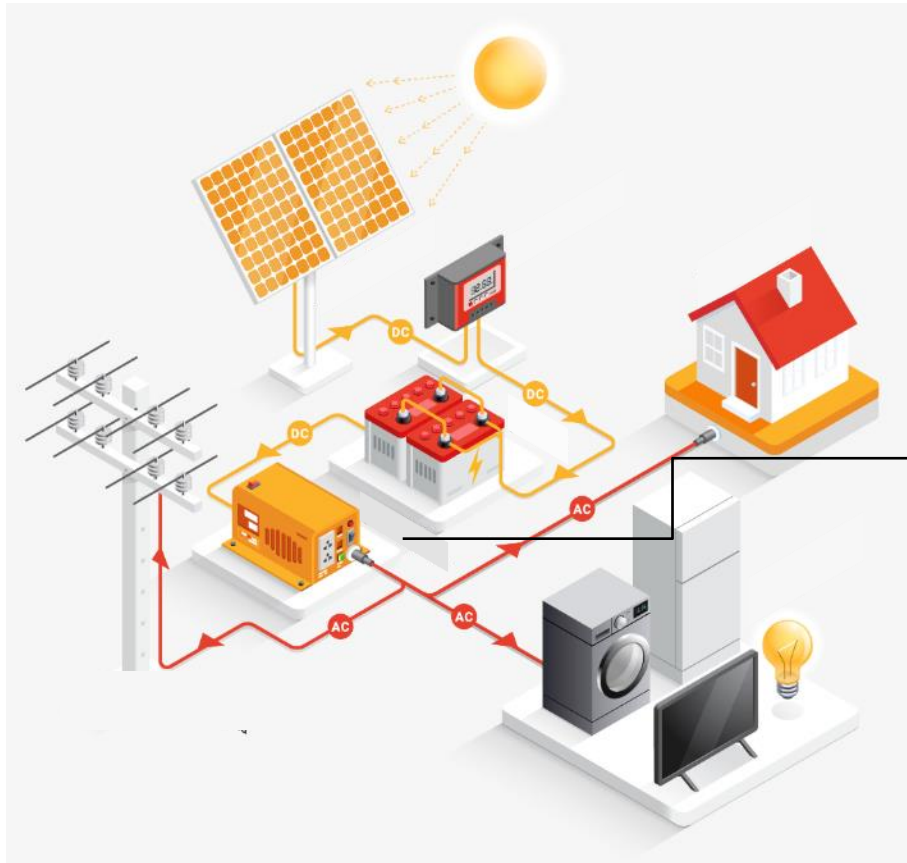
Günümüzde yine oldukça sık kullanılan teknolojilerden biri olan Bifacial modüller hem arka hem de ön yüzeyinden elektrik üretebilmektedir. Arka yüzeyinde cam ya da transparan yüzey kullanılarak yansıyan güneş ışığı tekrar değerlendirilmektedir.

Half-Cut Modül

Normal panellerde kullanılan hücrelerin ikiye kesilerek kullanıldığı teknoloji türüdür. Böylece, elektrik direnci azaltılarak panelin verimliliği artırılmaktadır.

Multibusbar Modül

Hücreleri birbirlerine seri bağlamak ve hücreden elektronu daha efektif şekilde çekmek için lehimlenen ribonların sayısı artırılmaktadır. Bu kapsamda panelde oluşabilecek çatlaklarda azaltılarak panelin verimliliği artırılmaktadır.



Tracker ve Bifacial teknolojisi birlikte kullanıldığında güneş ışınımından daha iyi faydalanılabilmektedir. NREL'in bu teknolojileri kurarak araştırma yaptığı alanın sonuçlarına bakıldığında bu teknolojilerin kullanımı sayesinde enerji kazancının %4 ile %11 oranında arttığı gözlemlenmiştir. Bu sonuçlar yer yüzeyinin ve panelin ışınımı yansıtabilme kabiliyetinden etkilenmektedir.

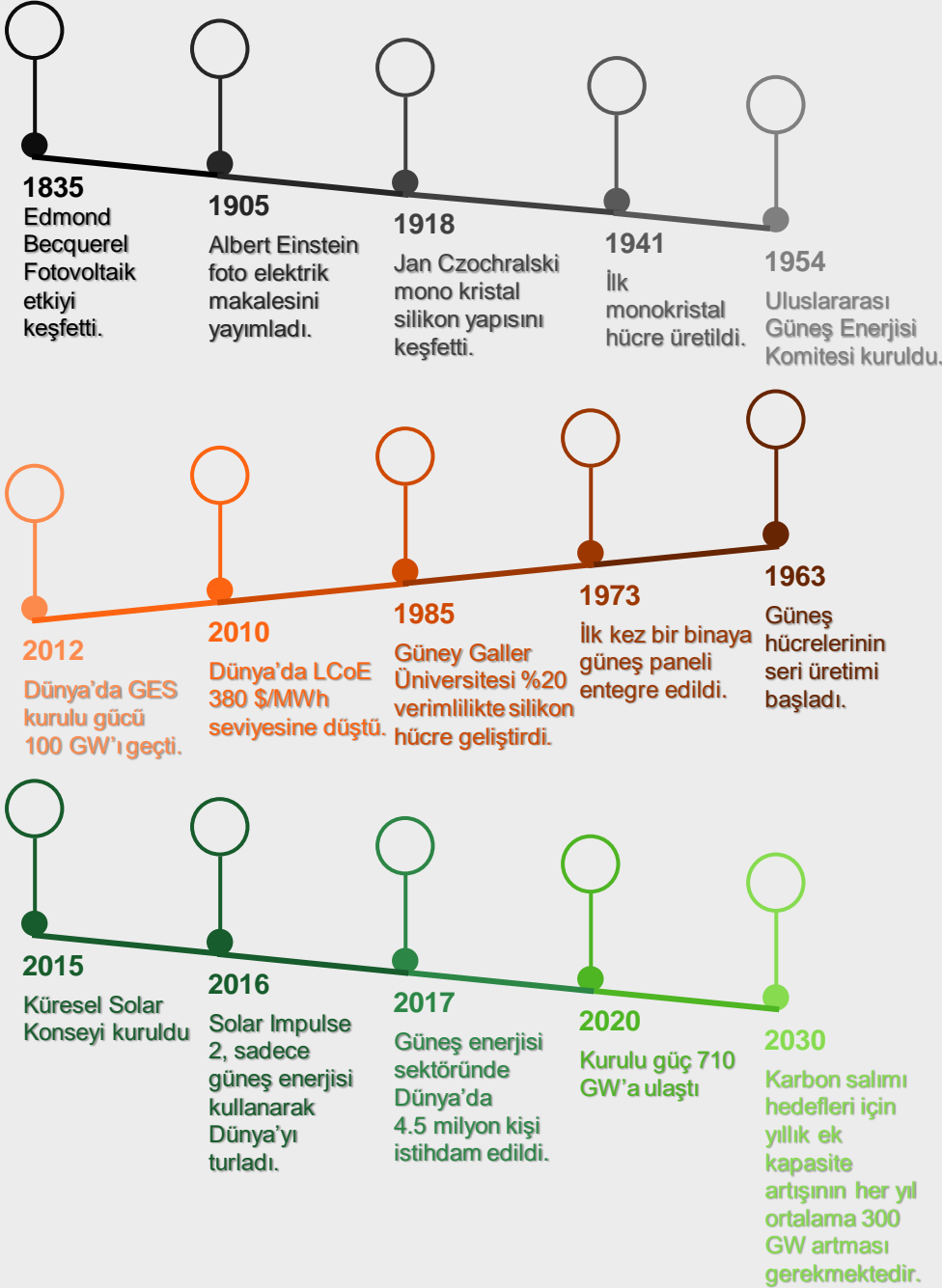
Invertör

Güneş panelleri dışında bu sistemlerin en önemli diğer unsuru ise invertörlerdir. Invertörler; Güneş panellerindeki elektron akışı sayesinde oluşan doğrudan akım (DC) olarak nitelendirilen elektrik enerjisini, günlük hayatta ve sanayide kullanılan elektrik enerjisine (AC) çeviren dönüştürücülerdir. Bu sayede invertörler, üretilen elektriğin şebekede kullanılan elektrik sistemine bağlanmasında aracı olmaktadır.

Kaynak: PwC Analizi, NREL

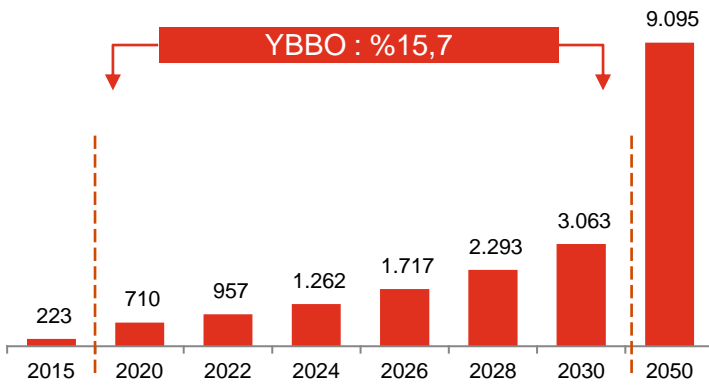
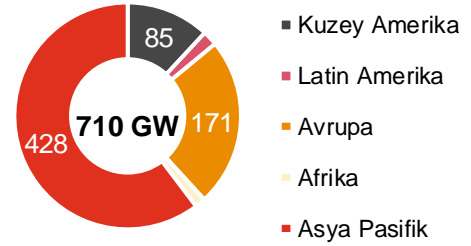
Aralık 2021

Son 10 yıllık dönemde önemli teknolojik gelişmelerin yaşandığı güneş paneli teknolojisinin, gelecekteki karbon salım hedeflerine ulaşmak için hızla gelişmeye ve yenilenmeye devam etmesi beklenmektedir.

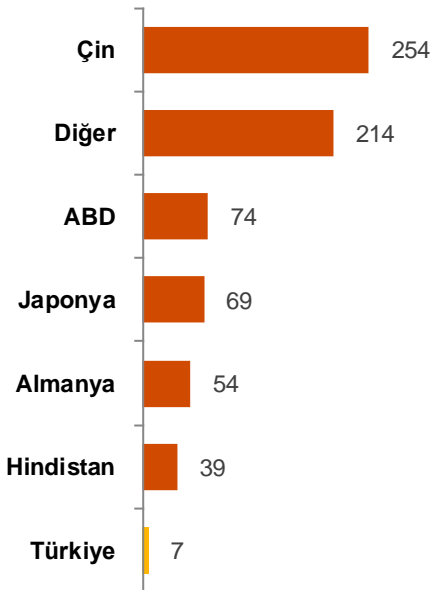
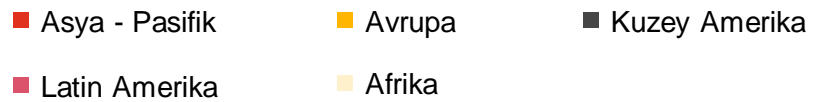
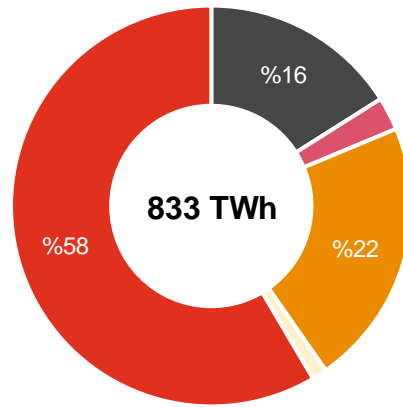


1835 yılında fotovoltaik etkinin keşfedilmesinden sonra yaklaşık 100 yıl sonra ilk monokristal güneş hücresi üretilmiştir. 1954 yılında Uluslararası Güneş Enerjisi Komitesi'nin kuruluşuyla birlikte kurumsallaşma adımları atılmaya başlamıştır. 1963 yılında Güneş hücrelerinin seri üretimine başlanmış olup, 2010 yılına gelindiğinde seviyelendirilmiş elektrik maliyeti 380 \$/MWh'i görmüştür. Son 10 yıl içerisinde seviyelendirilmiş elektrik maliyetinde %85 oranında düşüş ile en uygun yenilenebilir enerji kaynaklarından biri olan Güneş enerjisi sistemlerinin gelecekteki enerji dönüşümünde önemli rol oynayacağı öngörülmektedir.

Dünyadaki toplam kurulu GES kapasitesi 2000 yılında yaklaşık 1 GW'den, 2020 yılında 710 GW'ye yükselmiştir. Dünya GES kurulu gücünde Çin lider konumdadır. Net Sıfır Karbon hedefleri dahilinde, 2030 yılında küresel GES kurulu gücünün yaklaşık 3.000 GW seviyesinde olacağı tahmin edilmektedir.

Grafik 34**GES Kurulu Gücü Tahmini (2015-2050) (GW)****Grafik 35****2020 Yılı GES Kurulu Güç Dağılımı (GW)**

GES kurulu gücünün 2020 - 2030 arasında yıllık %15,7 büyüme oranıyla 2030 yılında 3.063 GW büyüklüğe ulaşacağı öngörülmektedir.

Grafik 36**Ülkeler Bazında GES Kurulu Gücü (2020) (GW)****Grafik 37****2020 Yılı Güneşten Elektrik Üretimi Dağılımı (TWh)****Grafik 38****2030 Yılı Güneşten Elektrik Üretimi Dağılım Tahmini (TWh)**

2030 yılına gelindiğinde güneş enerjisi üretiminin önemli bir kısmının Çin başta olmak üzere Asya ülkelerinde odaklanmaya devam edeceği beklenmektedir. Çin'in güneş enerjisinin önceliklendirmesinde izlediği politikalar ve güneş paneli üretim kapasitesi, Çin'i diğer ülkelere göre bu alanda daha avantajlı bir konuma getirmektedir.

Kaynak: IRENA , IEA

Aralık 2021

Güneş enerjisi sistemlerine olan talebin küresel anlamda arttığı farklı ülkelerdeki yerel piyasalarda görülen son dönem gelişmelerinden de teyit edilebilmektedir.



- Çin 2020 yılında GES kurulu gücüne **48.75 GW** daha eklemiştir. 2010 yılından bu yana GES kurulu güç kapasitesi yaklaşık **%40 yıllık büyüme oranıyla** büyüyen Çin, günümüzde güneş enerjisi sektöründe lider konumdadır.
- Bugüne kadar yenilenebilir enerji için yaklaşık **60 milyar \$** teşvik ayırmış olan Çin, 2021 yılı için de güneş enerjisi için **530 milyon \$** ayırmıştır.
- Hücre ve panel üretimi alanında da Dünya'da lider olan Çin, bu liderliğini yapılan yeni yatırımlarla birlikte devam ettirmeyi hedeflemektedir.



- Güneş enerjisi sektöründeki büyük aktörlerden biri olan ABD, 2020 yılında **74 GW** kurulu güce ulaşarak 10 yılda 25 kat büyümüştür.
- ABD'nin GES kurulu gücünün büyük bir kısmı **32 GW** kurulu güç ile Kaliforniya eyaletinde bulunmaktadır. Ülke genelinde güneş enerjisinin popülerleşmesinde önemli bir aktör olan Kaliforniya, 2006 yılında uygulamaya başladığı yerel teşviklerle dünyanın öncüleri arasında yer almaktadır
- ABD, ev sahipleri için kuracağı çatı kurulu güç maliyetlerinin **%26'sinin** vergiden düşülebildiği bir teşvik sistemi kullanmaktadır.



- 2010 – 2020 yılları arasında GES kurulu gücünü **18 GW** arttıran İtalya, GES kurulu gücünü 2025 yılında **28 GW** büyüklüğüne getirmeyi hedeflediğini açıklamıştır.
- Çatı kurulu gücünün oldukça popüler olduğu İtalya, Ecobonus %110 programı altında bina entegre ve çatı kurulu güç için 20 kW limite kadar kW başına **2400€** vergi indirimi vermektedir.



- Alman hükümeti 2021 yılında açıkladığı yeni hedefler ile yenilenebilir enerjinin toplam enerji üretimindeki payını **%65'ten %80'e** çıkarmayı planlamaktadır.
- Bu doğrultuda, yenilenebilir enerji kurulu gücünü **200 GW'a** getirmeyi hedefleyen Almanya, bu hedef için GES kurulu gücünü **100 GW'a** getirerek büyük ölçüde güneş enerjisinden yararlanmayı planlamaktadır.



- 2011'den 2018 yılına kadar kurulu gücü **4.5 GW** ile sabit olan İspanya, 2020 yılında kurulu gücünü **11.5 GW'a** çıkartarak GES kapasitesini en hızlı büyüyen Avrupa ülkelerinden biri olmuştur.
- Güneş vergisinin kaldırılmasıyla birlikte kurulu gücün 2025 yılında **23.4 GW'a** çıkması hedeflenmektedir.

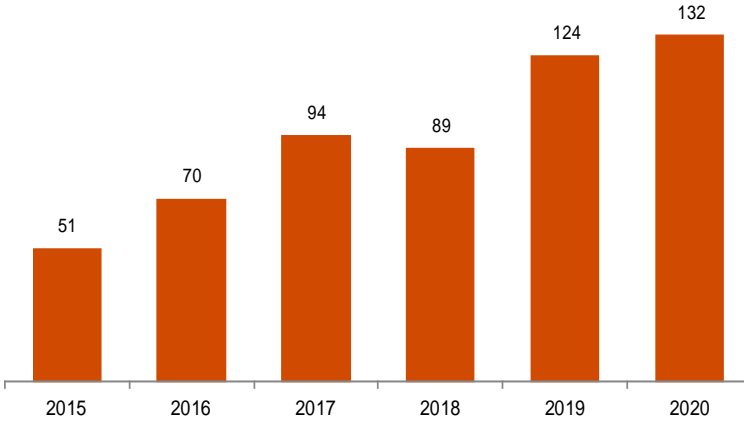
Kaynak: IRENA, SEIA, Halka Açık Bilgiler (Kasım 2021 İtibariyle)

Aralık 2021

2020 yılında Dünya'daki toplam güneş hücresi ve paneli satışlarının %71'i sadece 10 şirket tarafından yapılmıştır.

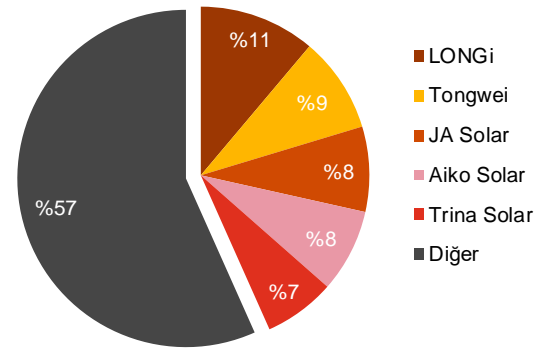
Grafik 39

Yıllık Güneş Hücresi ve Panel Satışı (GW)



Grafik 40

Yıllık Güneş Hücresi ve Panel Satış Hacmi Dağılımı (2020)



Güneş paneli satışları 2015'ten itibaren yıllık %21 büyüyerek 2020 yıl sonunda 132 GW'a ulaşmıştır. 2020 yılı satışlarının şirketler bazındaki dağılımı incelendiğinde dağılımın %43'lük kısmını ilk 5 şirketin oluşturduğu gözlemlenmektedir. Dünyada en fazla güneş paneli satışı yapan ilk 10 şirketin önemli bir kısmının Çin menşeli olduğu anlaşılmaktadır.

Aşağıdaki analizde sunulan veriler incelendiğinde özellikle son 5 yıllık dönem içerisinde güneş paneli sektörünün konsolide olma yolunda ilerlediği ve toplam üretimin hızla artan seviyede daha az üretici tarafından paylaşıldığı görülmektedir. **Küresel panel üretimi tartışmasız bir şekilde ve önemli miktarda Çinli üreticiler tarafından kontrol edilmektedir.**

Tablo 1

Yıllık Güneş Hücresi ve Panel Satışı (2010-2020) (MW)

Şirket	Ülke	2010		Şirket	Ülke	2020	
		MW	%			MW	%
Suntech	Çin	1.530	%5	LONGi	Çin	14.683	%11
JA Solar	Çin	1.460	%5	Tongwei	Çin	12.100	%9
First Solar	ABD	1.387	%5	JA Solar	Çin	10.751	%8
Yingli	Çin	1.061	%4	Aiko Solar	Çin	10.521	%8
Q-Cells	Almanya ⁽¹⁾	995	%3	Trina Solar	Çin	9.001	%7
Sharp	Japonya	914	%3	Jinko Solar	Çin	8.655	%7
Trina Solar	Çin	905	%3	Canadian Solar	Kanada	8.337	%6
Motech	Tayvan	850	%3	Talesun	Çin	7.435	%6
Jintech	Tayvan	800	%3	Suntech	Çin	6.313	%5
Kyocera	Japonya	630	%2	First Solar	ABD	5.500	%4
İlk 10 Şirket		10.532	%36	İlk 10 Şirket		93.296	%71
Diğer Şirketler		18.499	%64	Diğer Şirketler		38.413	%29
Toplam		29.031	%100	Toplam		131.709	%100

(1) : Hanwha tarafından satın alınmadan önceki merkezini ifade eder.

Kaynak: NREL

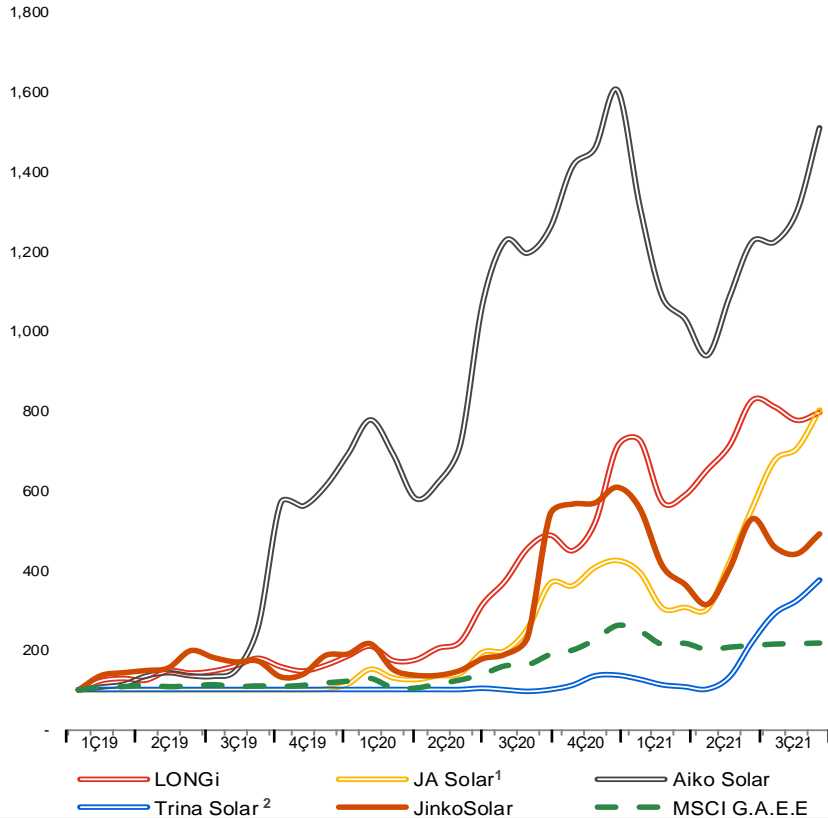
2010 yılında Dünya'daki toplam panel satışının %36'sı ilk 10 şirket tarafından gerçekleştirilmiştir. 2020 yılına gelindiğinde ise Dünya'daki toplam panel satışının %71'ini ilk 10 şirket oluşturmaktadır. 2020 yılına gelindiğinde sadece 4 şirket ilk 10'da kalmayı başarabilmiştir. Diğer şirketler rekabeti sürdüremezken Çinli üreticilerin 2020 yılı itibarıyla üretimde olarak piyasayı kontrol ettikleri anlaşılmaktadır.

Halka açık 5 güneş hücresi ve paneli üreticisinin hisse senedi fiyatı performansları, gelirlerinin %50'si veya daha fazlasını alternatif enerji sektörüne ilişkin ürün ve servislerden sağlayan şirketlerin oluşturduğu MSCI Global Alternatif Enerji Endeksi ile 2019 yılı başından itibaren karşılaştırılmıştır.

Bu analiz sonucunda, güneş paneli ve hücresi üreticilerinin tamamının endeksin üzerinde getiri sağladığı anlaşılmıştır.

Grafik 41 Güneş Paneli Üreticisi Şirketlerin Halka Arz Sonrası Getirilerinin MSCI Global Alternatif Enerji Endeksi Getirileriyle Karşılaştırılması

MSCI Global Alternatif Enerji Endeksi'nin 3 yılda yaklaşık %117 büyüdüğü gözlemlenmektedir. Analizde dikkate alınmış halka açık 5 şirketin hepsi aynı dönemde endeksten daha iyi performans göstermiştir.



MSCI Endeksi'ni oluşturan 77 şirketin toplam piyasa değerine bakıldığında 29 Ekim 2021 tarihiyle **292 milyar \$** olduğunu gözlemlenmektedir. Bu endeksi oluşturan ilk 10 şirketin endeksteki ağırlığı yaklaşık **%60** seviyesindedir. Hücre ve modül satışlarındaki ilk 10 şirketten First Solar da bu endekste bulunmaktadır.

Karşılaştırma Metodolojisi:

Seçilen şirketlerin hisse senedi fiyatları üzerinden getirileri ile MSCI Global Alternatif Enerji Endeks getirileri hesaplanırken, Ocak 2019 dönemi baz olarak kabul edilmiş, analiz Ekim 2021 dönemine kadar yapılmıştır. Endeksleme faktörleri 100 olarak kabul edilmiştir. Hisse fiyatları ve MSCI Global Alternatif Enerji Endeks getirileri aylık bazda ortalamalar dikkate alınarak endekslenmiştir.

¹ JA Solar Aralık 2019 itibariyle halka arz edilmiş olup, işleme başlanan dönem itibariyle endeksleme faktörü 100 olarak kabul edilmiştir.

² Trina Solar, Temmuz 2020 döneminde halka arza edilmiştir. Halka arz tarihi itibariyle endeksleme faktörü 100 olarak kabul edilmiştir.

En büyük 10 güneş hücresi ve paneli üreticisi şirketten halka açık 5 şirketin finansal verileri incelendiğinde, 2018 yılından 2021 yılına kadar şirketlerin gelirlerini yıllık ortalama %20 ile %50 arasında değişen oranlarda artırabildiği gözlemlenmiştir.

LONGİ Solar



m ABD\$	2018	2019	2020	2021	YBBÖ
Net Satışlar	3.197	4.725	8.361	10.770	%50
FAVÖK	481	1.098	1.790	2.081	
FAVÖK Marjı (%)	%15	%23	%21	%19	
Hisse Değeri ¹	8.281	12.044	26.931	60.280	%94
Şirket Değeri ¹	8.432	10.227	24.290	57.648	%90
ŞD/FAVÖK	17,5x	9,3x	13,6x	27,7x	

Trinasolar



m ABD\$	2018	2019	2020	2021	YBBÖ
Net Satışlar	3.643	3.349	4.506	5.739	%16
FAVÖK	218	292	457	490	
FAVÖK Marjı (%)	%6	%9	%10	%9	
Hisse Değeri ¹	m.d.	m.d.	5.442	5.897	%8
Şirket Değeri ¹	m.d.	m.d.	5.322	6.351	%19
ŞD/FAVÖK	a.d.	a.d.	11,7x	13,8x	

JinKÖ Solar



m ABD\$	2018	2019	2020	2021	YBBÖ
Net Satışlar	3.641	4.272	5.381	5.275	%13
FAVÖK	215	378	480	433	
FAVÖK Marjı (%)	%6	%9	%9	%8	
Hisse Değeri ¹	575	786	1.378	2.064	%53
Şirket Değeri ¹	2.546	3.260	4.805	6.067	%34
ŞD/FAVÖK	11,9x	8,6x	10,0x	14,4x	

JA SOLAR



m ABD\$	2018	2019	2020	2021	YBBÖ
Net Satışlar	2.857	3.038	3.959	4.825	%19
FAVÖK	379	535	616	607	
FAVÖK Marjı (%)	%13	%18	%16	%13	
Hisse Değeri ¹	m.d.	2.144	4.733	7.325	%85
Şirket Değeri ¹	m.d.	2.815	4.449	7.040	%58
ŞD/FAVÖK	a.d.	5,3x	7,2x	13,1x	

Aikosolar



m ABD\$	2018	2019	2020	2021	YBBÖ
Net Satışlar	597	872	1.480	1.988	%49
FAVÖK	84	139	201	178	
FAVÖK Marjı (%)	%14	%16	%14	%9	
Hisse Değeri ¹	362	832	3.303	4.221	%127
Şirket Değeri ¹	423	1.027	3.652	4.530	%120
ŞD/FAVÖK	5,0x	7,4x	18,1x	25,0x	

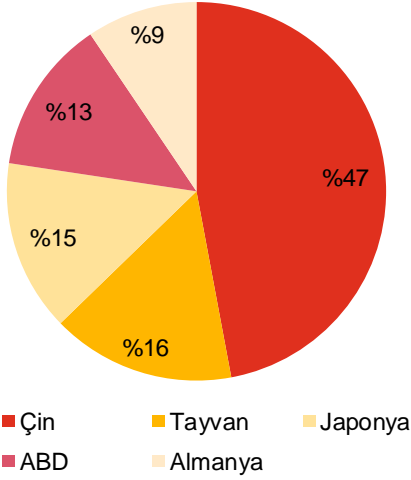
Şirket	Halka Arz Yılı	Yıllık Ort. Hisse Değ. Değişimi
LONGİ	2012	%58
JA Solar	2019	%221
Aiko Solar	2006	%27
Trina Solar	2020	%184
Jinko Solar	2010	%24

(1) : Hisse değeri hesaplamasında son 12 aylık ortalama kullanılmıştır. (2021 yılı için Ekim itibarıyla son 12 aylık dönem dikkate alınmıştır.) Şirket değeri hesaplamasında 2018,2019,2020 için yıl sonu finansalları, 2021 için ise açıklanan son finansallar kullanılmıştır.

Çinli üreticiler geçtiğimiz yıllarda pazar payını artırmış ve hücre ve panel üretim sektöründe hakim konuma gelmişlerdir. Bu gelişme birden fazla hususun bir arada değerlendirilmesiyle açıklanabilir.

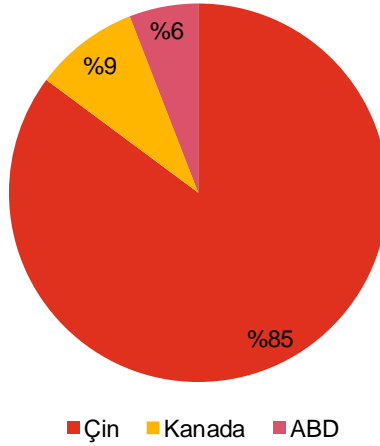
Grafik 42

2010 Yılı İlk 10 Panel Satıcısı Şirketin Kendi İçerisinde Ülke Bazlı Hacimsel Dağılımı



Grafik 43

2020 Yılı İlk 10 Panel Satıcısı Şirketin Kendi İçerisinde Ülke Bazlı Hacimsel Dağılımı



2010 yılında en fazla satış yapan ilk 10 şirketin kendi içerisindeki hacimsel dağılımı incelendiğinde Çinli üreticilerin %47 pay aldığı görülmektedir. 2020 yılına gelindiğinde ise Çinli üreticilerin toplam paylarının %85 seviyesine çıktığı görülmektedir.

Günümüzde Güneş enerjisi sektörünün önemli bir kısmını kontrol eden Çin'in bu başarısı incelendiğinde iki ana konu ön plana çıkmaktadır. Çin hükümeti bu sektörü stratejik iş kolu olarak belirleyerek dış pazardaki talebi karşılamayı hedeflerken çeşitli teşviklerle yerel talebi de arttırmıştır.

- 2005-2010 yılları arasında güneş enerjisi sektöründe sadece ihracata odaklanan Çin, 2008 yılındaki finansal kriz nedeniyle düşen dış talep karşısında ihracat odaklı şirketlerini desteklemek için teşviklerin ilk adımını attı.
- 2008 yılındaki finansal kriz nedeniyle tüm ülke genelinde ekonomiyi desteklemek için başlıca elektrik, ulaşım, çevre geliştirme gibi sektörlerde iki yılda harcanmak üzere **570 milyar \$** destek paketi açıkladı. Bu sayede güneş enerjisi şirketleri de açıklanan paket sayesinde düşük maliyetli finansmana ulaşabildi.
- 2009 Kopenhag COP 15 toplantısında yenilenebilir enerjinin gündeme gelmesi üzerine ülkeler kriz sonrasında toparlanma için yenilenebilir enerji kaynaklarını destekleyen paketler sunacağını açıkladı. Bu sayede, üretim için hazır olan Çin ürünlerine yönelik talep arttı.
- 2009 yılında Çin, Altın Güneş programı ile birlikte seçili GES projelerindeki tüm maliyetlerin **%50'sini** karşılayacağını duyurdu.
- 2010 yılında yenilenebilir enerji stratejik iş kolu olarak ilan edilerek çeşitli teşviklerin ve finansman opsiyonlarının verileceği duyuruldu.
- 2011 yılında önce Qinghai bölgesinde sonra tüm ülke genelinde uygulanmak üzere **0.18\$/kWh** satın alım garantisi sunuldu.
- 2013 yılında Ulusal Enerji Bakanlığı ve Çin Kalkınma Bankası'nın ortak hareketiyle güneş enerjisi sektöründe üretim yapan firmalara ayrıcalıklı finansman opsiyonları sunulması için tüm finansman kuruluşlarına çağrı yapıldı.
- 2014 yılında GES yatırım fonu kurularak girişim aşamasındaki şirketlere destek sağlandı.

Güneş enerjisi sektörü için verdiği teşvikler karşısında sektörün beklentiden daha hızlı büyümesi nedeniyle finansal olarak zorlanan Çin, bu büyümeyi kontrollü olarak yavaşlatmak için verdiği teşvikleri ihale usulü ile en verimli olabilecek projelerde önceliklendirmeye başlamış ve destek için ayırmış olduğu bütçeyi azaltmıştır.

Aralık 2021

Kaynak: NREL, PwC Analizi, Halka Açık Bilgiler (Kasım 2021 İtibarıyla)

Dünyada güneş hücresi ve paneli üretim sektöründe önemli pazar paylarına sahip olan şirketler, bu pozisyonlarını sürdürmek adına yüksek verimlilikteki hücre teknolojilerine ve üretim kapasitesi genişletmelerine yatırım yapmaktadırlar.



- LONGi Nisan 2020'de monokristal wafer üretim kapasitesini **42 GW'a** monokristal modül üretim kapasitesini **14 GW'a** çıkardığını açıkladı. Şirket, eş zamanlı olarak gelecekte wafer kapasitesini **75 GW'a** modül kapasitesini ise **30 GW'a** çıkaracağını duyurdu.



- Dünyadaki CdTe hücre teknolojisiyle üretilen modüllerin önemli tedarikçisi olan First Solar Mart 2020'de, geliştirmiş olduğu son teknoloji CdTe modüllerle Intersect Power firmasına **2.4 GW'lık** modül tedarigi yapma konusunda anlaşmaya vardı.



- Aiko Solar yapmış olduğu gelişim planı doğrultusunda hücre üretim fabrika kapasitesini 2021 yıl sonunda **36 GW'a** çıkaracağını duyurdu.



- Ağustos 2020'de Jinko Solar yaklaşık **%22.3** verimlilikte çalışan **610 W** monokristal modül üretmeye başladı.



- Ekim 2020'de yüksek verimlilikte **665 W** modül ürünlerini satışa çıkardı.
- Canadian Solar Haziran 2021'de Japonya'da toplamı 143 MW'lık dört projenin kurulumuna başladığını duyurdu.



- Suntech Power Ekim 2020 yılında **+600 MW'lık** modüller üretebileceği 3 GW büyüklüğünde modül fabrikası genişletmesine gittiğini açıkladı. Böylece şirket, ürün ailesine **670 W'a** kadar çıkabilen modülleri kattı. Suntech Power, Lead Intellegent and Leadmicro ile birlikte Nisan 2021'de **%24** verimlilikte TOPCon tipi hücre üretebilmek için 2 GW büyüklüğünde akıllı fabrika kuracağını açıkladı.



- JA Solar Ağustos 2020'de **800 W** modül dizaynını tanıttı.
- Ekim 2020'de İspanya'nın ilk yüzen şebekeye bağlı güneş arazisini kurmak için tüm tedarigi JA Solar yapacağını açıkladı.



- Trina Solar Temmuz 2020'de 2022 yılında teslim edilmek üzere RISE fonuna 1 GW GES portföyü sattığını açıkladı.
- Trina Solar Mart 2021'de **670 W** modülünü tanıttı.



- Tongwei, Şubat 2020'de **2.9 milyar \$** yatırım yaparak **30 GW** hücre üretim tesisi kuracağını açıkladı. Ayrıca şirket, 2023 hedeflerinde talebe bağlı olarak bu kapasitesi **100 GW'a** kadar genişletmeyi planladıklarını duyurdu.
- Tongwei Ağustos 2020'de üretmeyi planladığı **760-780 W** modül ürünlerini tanıttı.

Kaynak: Halka Açık Bilgiler (Kasım 2021 İtibariyle)

Aralık 2021

Dünyanın farklı yerlerinde ve artan bir hızda büyük ölçekte güneş enerji santrali projeleri açıklanmakta ve devreye alınmaktadır.

480 MW Alman-Avusturya ortaklığı kuruluşu olan STEAG Solar, Yunanistan'da 480 MW'lık GES kurmayı hedeflemektedir.

500 MW Genesis Energy ve FRV Australia Yeni Zelanda'da 500 MW'a kadar GES kurmak için ortaklık kurmuştur.

532 MW Brezilya'da Scatec şirketi 532 MW'lık GES kuracağını yerel hükümet açıklamıştır. Proje için yaklaşık 300 milyon \$ kaynak ayrılmıştır.

600 MW Hindistan'da dev yüzer GES projesi için RUMSL ihale açtı. Omkareshwar yüzer GES projesinin 600 MW büyüklüğünde olması hedeflenmektedir.

690 MW ABD'nin en büyük GES projesi olan Gemini Solar'ın, 690 MW kapasitesiyle 2023 yılında biteceği tahmin edilmektedir. Bu proje için 1 milyar \$ kaynak ayrılmıştır.

8.000 MW Hindistan'da inşaatı devam eden Adani Park, kurulumu tamamlandığında Dünya'nın en büyük GES'i olacaktır. 8 GW büyüklüğündeki bu proje için yaklaşık 6 milyar \$ kaynak ayrılmıştır.

Dünya'nın farklı ülkelerinde güneş enerji santrallerinin yaygınlaşması için, ülkemizde olduğu gibi, teşvikler uygulanmaktadır.



Ulusal teşvik sistemi, vergi indirimleri, satın alım garantisi



Çatı ve saha kurulu güç için 25 yıllık satın alım garantisi



Düşük faizli güneş kredisi, ev sahiplerine çatı kurulu güç için vergi indirimi



Çatı ve saha kurulu güç için 20 yıllık satın alım garantisi



Çatıda 500 kW, sahada 10 MW'a kadar 20 yıl satın alım garantisi



Çatı ve saha kurulu güç için satın alım garantisi



Çatı ve saha kurulu güç için 30 yıllık satın alım garantisi



Çeşitli vergi indirimleri, satın alım garantisi

Kaynak: Halka Açık Bilgiler (Kasım 2021 İtibariyle)

Aralık 2021

Çinli üreticilerin güneş hücresi ve paneli üretimi sektörünü son 10 yıllık dönemde kontrol altına alması, Çin menşeli ürünlerin tüketildiği gelişmiş pazarlarda ithal ürünlere karşı ek vergiler ve anti-damping uygulamaları devreye alınmasını tetiklemiştir.

Gümrük Vergilerine Giden Yolda Çin ve ABD:

Çin, 2005 yılında Yenilenebilir Enerji Yasası'nı yürürlüğe koydu ve 2007 yılında yenilenebilir enerjilerle ilgili kapasite hedeflerini duyurdu. 2010 yılına gelindiğinde ise Çin yönetimi yenilenebilir enerji sektörünü, 7 gelişmekte olan ve özel teşviklere hak kazanan stratejik sektörlerden biri olarak seçti. Bunlara paralel olarak güneş enerjisi şirketlerine Çin devleti aracılığıyla özel finansman ve Ar-Ge destekleri sağlandı.

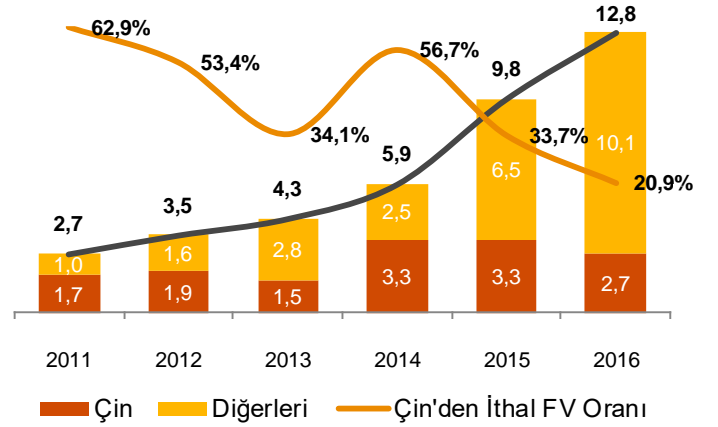
Çin'in güneş hücresi üretimindeki pazar payı 2005'te %7 iken, 2012'de %61'e çıktı. 2017'de ise güneş hücrelerinin %60'ı güneş panellerinin ise %71'i Çin'de üretilir hale geldi. ABD'de ise 2012 – 2016 yılları arasında panel ve hücrelerin ithalatı yaklaşık %500 arttı ve fiyatlar %60 geriledi. 2012 - 2017 yılları arasında 25 güneş hücresi ve paneli üretimi yapan ABD menşeli şirket finansal sıkıntıya girdi ve bazıları faaliyetlerini durdurmak zorunda kaldı.

ABD'de Anti-damping ve Dengeleyici Vergiler:

- **Ekim 2011:** SolarWorld liderliğinde 6 şirket anti-damping ve dengeleyici vergilerin uygulanmaya konması için başvuruda bulundu.
- **Kasım 2011:** ABD Ticaret Bakanlığı iddiaları araştırmaya başladı.
- **Aralık 2012:** ABD Ticaret Bakanlığı ve ABD Uluslararası Ticaret Komisyonu hücre ve panel ürünleri ve aksamalarını Çin'de üreten şirketlere anti-damping ve dengeleyici vergi uygulanmasına karar verdi.
- Çin'li üreticiler vergilerden kaçınmak adına ürünlerini Tayvan gibi başka ülkelerde üretirmeye ya da ithal etmeye başladı.
- **Aralık 2013:** SolarWorld damping yapıldığı iddiasıyla ABD Uluslararası Ticaret Komisyonu'na ikinci kez başvuruda bulundu.
- **Şubat 2015:** ABD Ticaret Bakanlığı Çin'den ithal edilen ürünlere anti-damping ve dengeleyici vergi, Tayvan'dan ithal ürünlere anti-damping uygulamaya başladı. Bir önceki yaptırımlardan farkı; sadece güneş hücrelerinin üretim yeri değil aynı zamanda modüllerin nerede birleştirildiği de göz önünde bulunduruldu.
- **Nisan 2017:** Suniva ve SolarWorld, ithal güneş hücre ve modüllerinin Amerikan güneş enerjisi endüstrisine ciddi hasar verdiği konusunda ABD Uluslararası Ticaret Komisyonu'na başvurdu.

Grafik 44

ABD Güneş Modül İthalatı (2011-2016, GW)



- **Kasım 2017:** ABD Uluslararası Ticaret Komisyonu ithalatların Amerikan solar PV endüstrisine ciddi zarar verdiğini açıkladı.
- **Ocak 2018:** ABD Başkanı Donald Trump bütün ithal güneş hücresi ve modüllerine katma değer vergisi uygulanmasını onayladı. 2018'de %30 sonraki 3 yılda her sene 5% düşecek şekilde vergi yürürlüğe kondu.
- **Ekim 2020:** 2018'de başlayan katma değer vergisi 2021'de %15'e düşmesi beklenirken %18'e çıkarıldı ve Şubat 2022'ye kadar uzatıldı.

Kaynak: ABD Uluslararası Ticaret Komisyonu, Stanford, ABD Enerji Bilgi Kuruluşu

Aralık 2021

ABD ve Avrupa Birliği tarafından uygulanan vergi ve yaptırımlar neticesinde, Çin'in önceki senelerde devlet teşvikleri ve yoğun maliyet ucuzlatma çalışmaları ile kazandığı güneş hücresi ve panelleri üretimi sektöründeki ticari üstünlük kaybolmaya başlamıştır. Bu durum, diğer ülkelerdeki üreticiler için yeni ticari fırsatlar sunmakta, ABD ve AB gibi büyük pazarlarda avantaj sağlamaktadır.

AB'de Anti-damping ve Dengeleyici Vergiler:

- **Aralık 2013:** Avrupa Birliği, Çin'den ithal edilen hücre ve paneller için anti-damping ve dengeleyici vergi önlemlerini yürürlüğe koydu.
- **Mayıs 2014:** AB, Çin'den ithal edilen panel cam ürünleri için de anti-damping ve dengeleyici vergi önlemleri başlattı.
- AB ile bazı büyük Çinli üreticileri, serbest piyasa koşullarında oluşacak adil değer altında satış yapılmayacağına anlaştı ve bu üreticiler için önlemler rafa kaldırıldı.
- **Şubat 2016:** Kaldırılan vergiler geri getirildi ve Mart 2017'ye kadar uygulanmalarına karar verildi.
- **Mart 2017:** Anti-damping ve dengeleyici vergi önlemleri, olası 5 yıl yerine sadece 18 ay uzatıldı.
- **Eylül 2018:** Anti-damping ve dengeleyici vergi önlemleri kaldırıldı.
- **Temmuz 2020:** Çin'den ithal edilen panel cam ürünleri için anti-damping ve dengeleyici vergi önlemleri 5 yıl daha uzatıldı.

Avrupa Yeşil Mutabakatı'nın Etkisi

2050 yılında Net Sıfır Emisyon'u hedefleyen Avrupa Yeşil Mutabakatı ile enerji dönüşümü hızlanmış ve yenilenebilir enerjilere olan talep kayda değer derecede artmıştır. Bunlara ek olarak günümüzde sadece enerjinin nasıl üretildiği değil, enerji üretiminde kullanılan aksam ve materyallerin de ne şekilde üretildiği odak noktalarından biridir. Dolayısıyla üretim sürecinde kullanılan enerjinin de yeşil enerjilerden sağlanabilmesi ve bunun belgelenebilmesinin önemi her geçen gün artmaktadır.

Avrupa Birliği'nin karbon salımına dair uygulama ve önlemleri, AB'nin ticaret ortaklarını da gelecekte yoğun olarak etkileyecektir. Özellikle sektör kapsam alanı zamanla genişletilecek olan sınırda karbon vergisi uygulaması, AB'ye ihracat yapan tüm üreticileri karbon kuralları ve fiyatlamalarına uygun üretim yapıldığına dair sertifika temini gibi bazı koşulları yerine getirmek durumunda bırakacaktır. Dolayısıyla da sanayi sektörü enerji ihtiyacını yenilenebilir kaynaklarından karşılamaya yönelecektir.

ABD Sınırında Engel

Bloomberg'in haberine göre Biden yönetimi, Haziran 2021'de Xinjiang bölgesinde üretilen silika bazlı ürünlerin ithalatını, bu bölgede yaşandığı iddia edilen insan hakları ihlallerinin önüne geçmek amacıyla engellemeye başladı. Dünyanın polisilikon tedarikinin neredeyse yarısını yapan bu bölgeyle bağlantıları olan ve önde gelen güneş enerjisi aksamı üreten şirketlerden Jinko Solar, Canadian Solar ve Trina Solar'a ABD Hükümeti güneş enerjisi ürünlerine sınırda el koymak gibi yaptırımlar uygulamıştı. Bunlara benzer yaptırımların bir başka büyük güneş enerjisi aksam üreticisi Longi'yi de etkileme olasılığının olduğu enerji sektörünün gündemindedir.

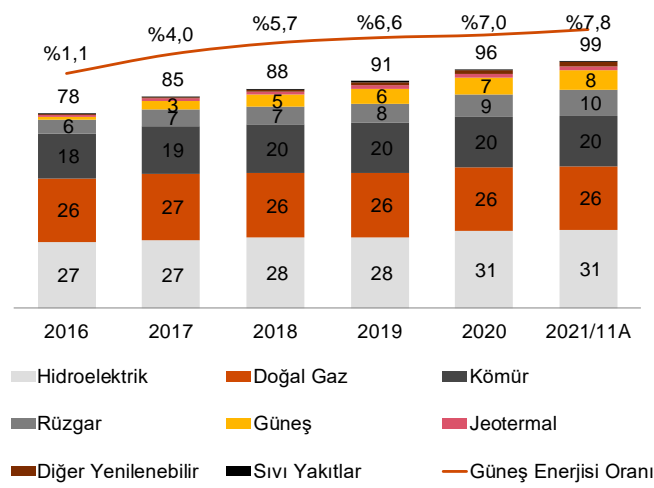
Türkiye’de Güneş Enerjisi ve Panel Üretim Faaliyetleri



Türkiye’de güneş enerjisi kurulu gücü 2021 yılı Kasım ayı itibarıyla 8 GW’a yaklaşmıştır. Toplam kurulu güç içerisindeki payı olarak bakıldığında Türkiye’deki kurulu gücün karşılaştırılabilir enerji piyasalarındaki gerçekleşmenin gerisinde kaldığı anlaşılmaktadır.

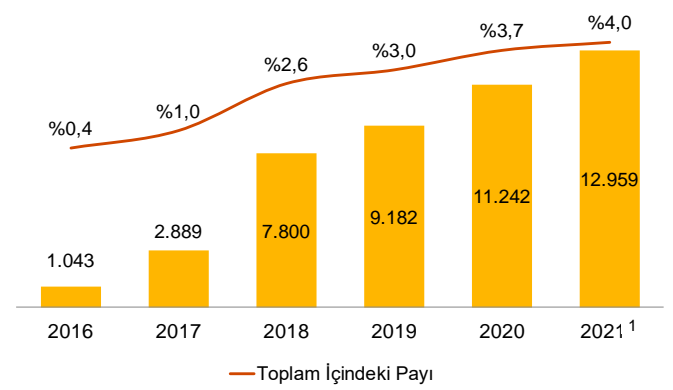
Grafik 45

Türkiye’deki Toplam Kurulu Güç, (GW)



Grafik 46

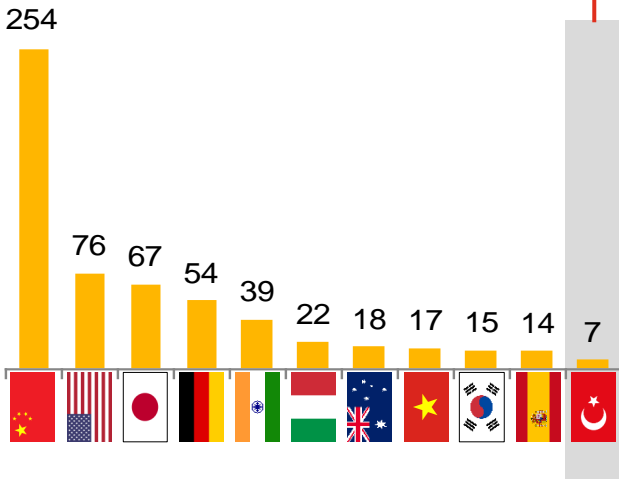
Güneş Enerjisinden Elektrik Üretim, (GWh)



Tablo 2

Türkiye’nin Kurulu Güç Sıralamasında Yeri (GW)

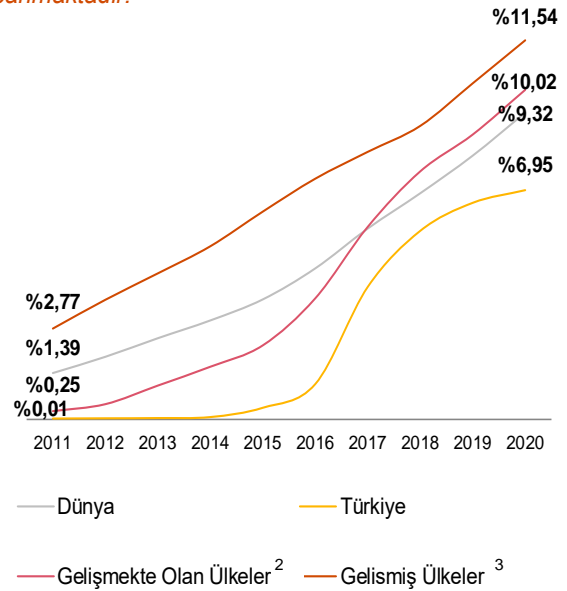
	2010	2020
Toplam Yenilenebilir	14.	12.
Güneş	51.	16.



Grafik 47

Kurulu Güç Analizi

Türkiye hem dünya hem de gelişmekte olan ülkelere kıyasla tüm senelerde toplam kurulu güçte güneş enerjisinin oranında geride kalmıştır. Ancak 2015’den itibaren yapılan atılımlarla aradaki fark hızla kapanmaktadır.



¹Hesaplamalarda 2021 Eylül ayı ve ondan önceki 12 aylık zaman dilimindeki veri dikkate alınmıştır.

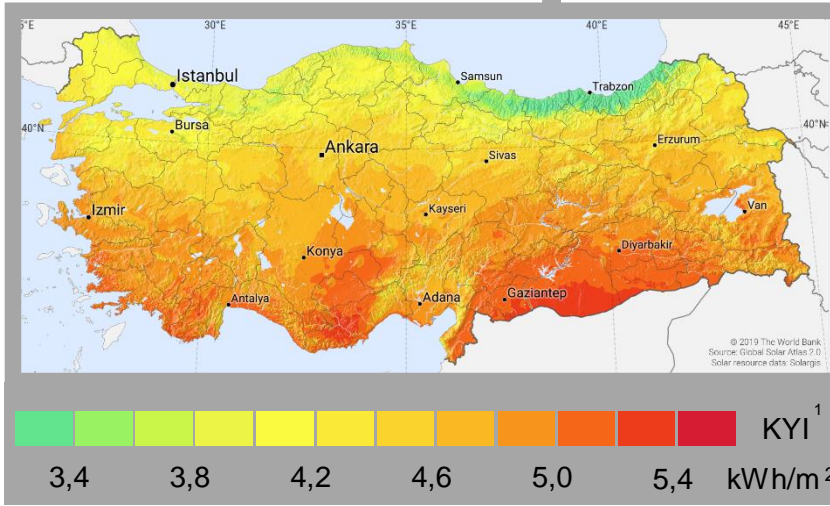
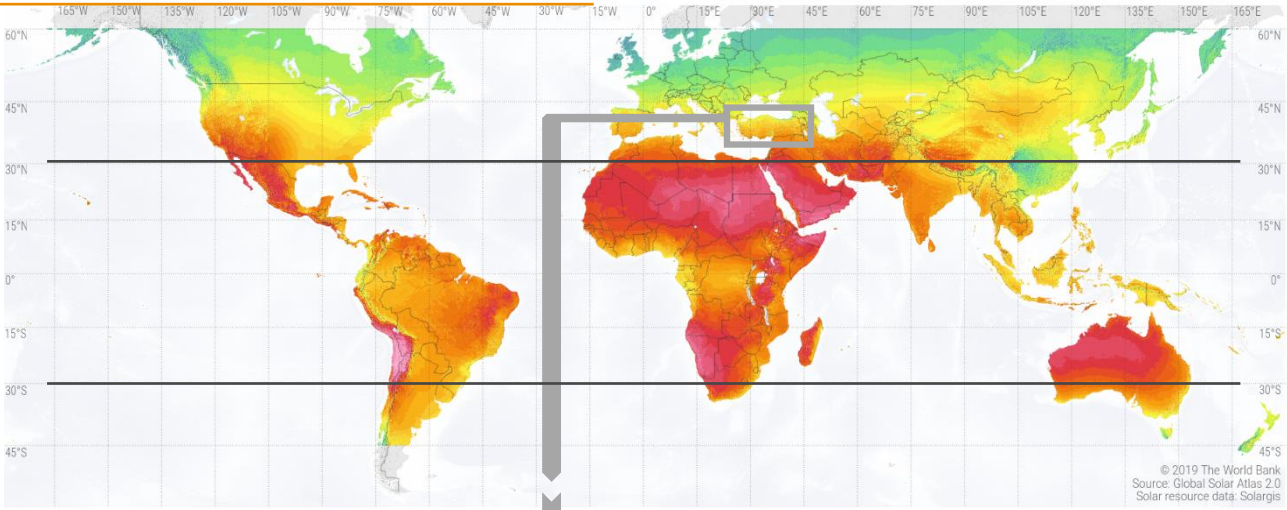
²Arjantin, Brezilya, Çin, Hindistan, Endonezya, Meksika, Polonya, Güney Afrika, Güney Kore ve Türkiye

³ABD, Japonya, Birleşik Krallık, Kanada, Almanya, Fransa, Hollanda, İtalya, İspanya, Avustralya

Kaynak: TEİAŞ, EPDK, IRENA

Türkiye'deki güneş ışınım seviyesi ve dolayısıyla da güneş enerjisi üretim potansiyeli birçok ülkeye nazaran yüksek seviyelerdedir. Ülkenin yenilenebilir enerji dönüşümünde bu potansiyelden güç alması beklenmektedir.

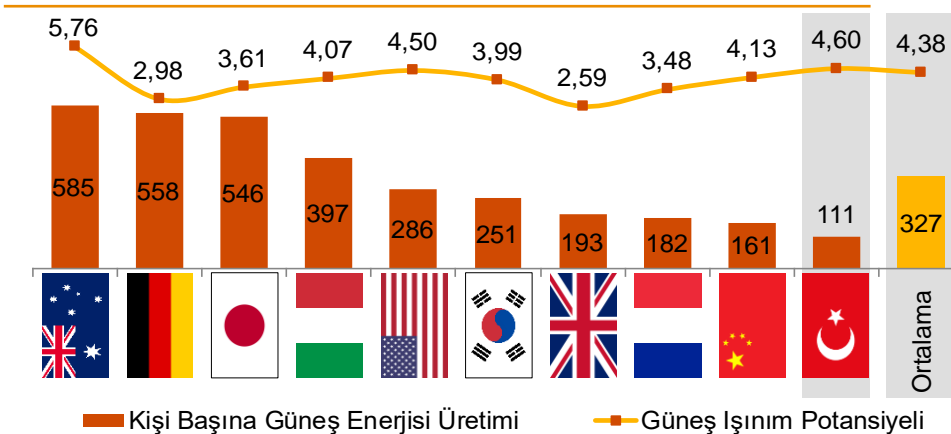
Dünya Bankası, Küresel Güneş Atlası



Dünya Bankası'nın yayınladığı Küresel Güneş Atlası'na göre güneş enerjisi potansiyelinin yüksek olduğu bölgeler, 30° Kuzey ve 30° Güney enlemleri arasında konumlanmıştır. Ancak bu bölgelerde hayli yüksek olan güneş enerjisi potansiyeli kurulu güce ve enerji üretimine dönüşmemiştir. Türkiye, yüksek potansiyelle sahip bölgeler kadar güneş ışınımı konusunda avantajlı olmasa da 36° ve 42° Kuzey paralelleri arasında konumlandığı için ABD, Çin ve birçok Avrupa ülkesine göre daha fazla ışınım almaktadır ve dolayısıyla da metrekare başına güneş enerjisi üretim potansiyeli de daha fazladır.

Grafik 48

En Yüksek Kişi Başına Güneş Enerjisi Üreten G20 Ülkeleri (ilk 10) ve Işınım Potansiyeli, (kWh/kişi, kWh/m²/gün, 2019)



G20 ülkeleri arasında kişi başına düşen güneş enerjisi üretim seviyesi en yüksek olan on ülke incelendiğinde, Türkiye'nin onuncu sırada olduğu ve Avustralya hariç sıralamaya gire tüm ülkelerin güneş ışınım potansiyelinin Türkiye'den düşük olduğu görülmektedir.

Ortalama üzeri ışınım potansiyeli ve G20 üyesi gelişmiş ülkelere göre düşük yatırım seviyesi, Türkiye'nin önümüzdeki dönemde güneş enerjisi yatırımlarına hız kesmeden devam etmesi gerektiğinin mantıklı bir göstergesi olarak görülmektedir.

¹Küresel Yatay Işınım

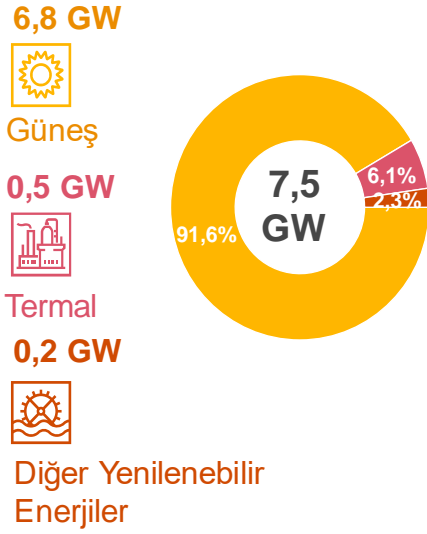
Kaynak: Dünya Bankası, Solargis, SHURA

Aralık 2021

Türkiye’de lisanssız enerji santrali kurulu gücünün önemli bir kısmı güneş enerji santrallerinden oluşmaktadır.

Grafik 49

Lisanssız Kurulu Güç (Kasım 2021)

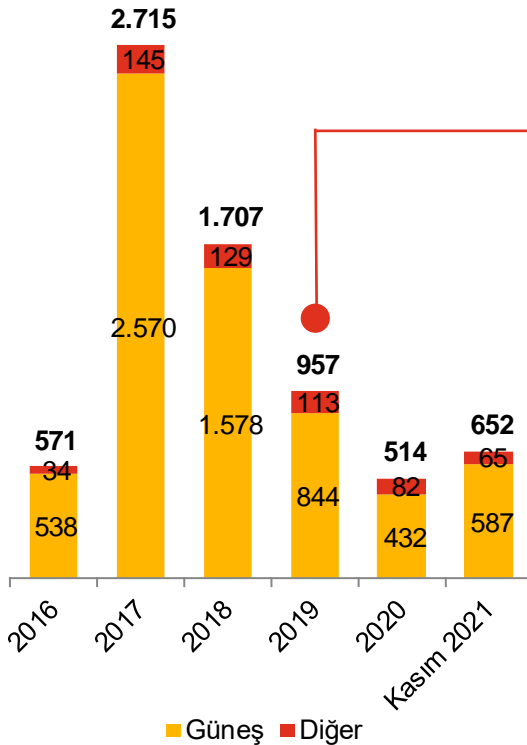


Son yıllarda lisanssız enerji santrallerinin kurulu gücü önemli ölçüde artmıştır. 2015 yıl sonunda **0,4 GW** olan lisanssız kurulu güç, Ekim 2021 itibariyle **7,4 GW** seviyesine ulaşmıştır. Ekim 2021 itibariyle Türkiye’deki lisanssız kurulu gücün %92’lik kısmını GES’lerin oluşturduğu ve diğer yenilenebilir enerji kaynaklarının geride kaldığı gözlenmektedir. Türkiye’de genelde sınırlı kapasitelerden oluşan lisanssız GES kurulu gücünün artışını destekleyen etmenler aşağıda sıralanmıştır:

- 1) 2019 yılına kadar lisanssız GES’lerin YEKDEM alım garantilerinden faydalanabiliyor olması,
- 2) GES’ler için santral büyüklüğü ve verimlilik arasında direkt bir ilişki bulunmaması,
- 3) Panel maliyetlerinin ve santral işletme maliyetlerinin zamanla düşmesi,
- 4) Türkiye’nin yüksek güneş enerjisi potansiyeli,
- 5) Diğer teknolojilere göre operasyonel avantajlar.

Grafik 50

Lisanssız Kurulu Gücün Gelişimi, (MW)



Lisanssız Üretimine İlişkin En Son Yönetmelik Değişimleri

1) 10 Mayıs 2019 tarihli Resmi Gazete’de yayımlanan Cumhurbaşkanlığı Kararı’na göre lisanssız elektrik üretim kapasite limiti 1 MW’tan 5 MW’a çıkarılmıştır.

2) 12 Mayıs 2019 sonrasında devreye giren lisanssız üretim santralleri, tüketim tesisinin abone grubuna ait perakende tek zamanlı aktif enerji bedeli üzerinden 10 yıl alım garantisinden faydalanacaktır. Ayrıca, lisanssız üretime ilişkin düzenleme 12 Mayıs 2019 tarihinde değiştirilmiştir. Değişiklik ile beraber aylık mahsuplaşma sistemi devreye girmiştir. Aylık mahsuplaştırma ile elektrik üreticilerine aylık bazda tüketim ve üretim arasındaki fark üzerinden ödemeler yapılacağı ifade edilmektedir.

3) Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun’da 2 Aralık 2020 itibariyle geçerli olan değişiklik; lisansız santrallerin YEKDEM süresi sonunda, PTF’nin %15’inin lisans bedeli olarak ödenmesi koşuluyla, üretim faaliyetine devam etmesine imkan verilmiştir. Yapılan değişiklik ile lisanssız santrallerin elektrik satış fiyatına karar vermede Cumhurbaşkanlığı yetkilendirilmiştir.

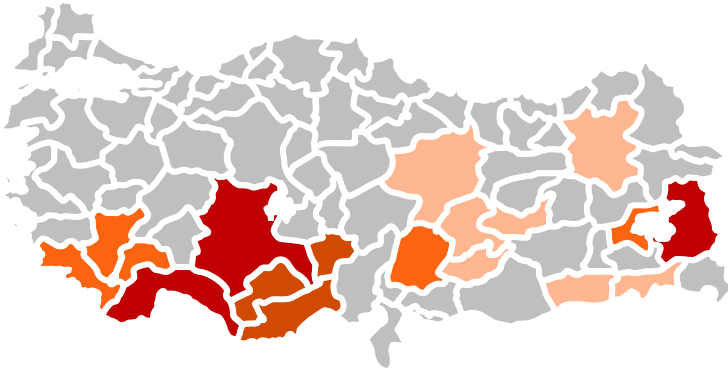
Kaynak: TEİAŞ

Aralık 2021

2021 yılı Kasım ayı itibarıyla işletmede bulunan lisanslı GES'lerin toplam kurulu gücü 901 MW seviyesinde olup toplam güneş enerjisi kurulu gücünün %12'sine denk gelmektedir.

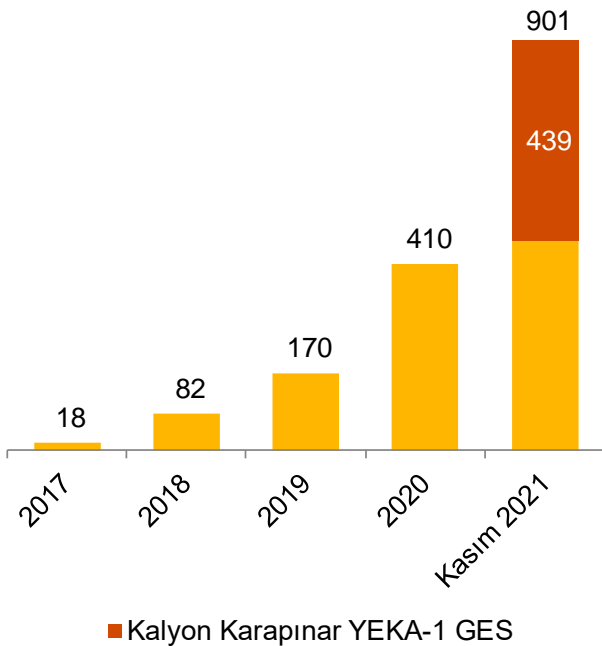
Grafik 51

Lisanslı Kurulu Gücün İllere Dağılımı & En Büyük Santraller ¹



Grafik 52

Lisanslı ve Faaliyetteki Kurulu Gücün Gelişimi, (MW)



Karapınar YEKA-1 GES



K. Güç (MW)	439,0
Lokasyon	Konya
Başlangıç	2020

Gün Güneş Van Arısu GES



K. Güç (MW)	40,6
Lokasyon	Van
Başlangıç	2020

Kıvanç-2 GES



K. Güç (MW)	35,0
Lokasyon	Mersin
Başlangıç	2020

Teksin GES

K. Güç (MW)	33,1
Lokasyon	Karaman
Başlangıç	2020

Cıngıllı GES



K. Güç (MW)	26,0
Lokasyon	Niğde
Başlangıç	2018

Akseki Büyükalın-1 GES



K. Güç (MW)	23,4
Lokasyon	Antalya
Başlangıç	2020

Fernas-4 GES



K. Güç (MW)	20,0
Lokasyon	Burdur
Başlangıç	2020

Küçükköy GES



K. Güç (MW)	18,6
Lokasyon	Antalya
Başlangıç	2019

Alibeyhöyüğü GES

K. Güç (MW)	18,0
Lokasyon	Konya
Başlangıç	2019

Alages Adilcevaz GES



K. Güç (MW)	16,0
Lokasyon	Bitlis
Başlangıç	2020

Tamamlanan YEKA GES ihalelerinden sadece Karapınar YEKA-1 GES 2021 yılında faaliyete başlamıştır. 1.000 MW'lık toplam planlanan kurulu gücün 439 MW'ını kullanarak üretim yapmaktadır. YEKA GES-3 ihalesinde dağıtılan toplam 1.000 MW'lık üretim haklarından ön lisans alan güneş enerjisi santrali henüz bulunmamaktadır.

¹ Karapınar YEKA-1 GES yüksek kurulu gücü sebebiyle il dağılım grafiğinde dahil edilmemiştir.

"Çatı Yönetmeliği" ilk olarak 2018 yılı başında devreye alınmıştır. Çatı yönetmeliğinin amacı; ana hedefi kendi enerji tüketimlerini karşılamak olan, üretim ve tüketim merkezlerinin bir arada bulunduğu, çatı ve cephe üstlerinde kurulabilecek ve güneş enerjisinden faydalanarak elektrik üretebilecek elektrik üretim santrallerinin kurulması ve işletilmesine dair esas ve usulleri belirlemektir.

2019 yılında bir takım ek düzenlemelerle değiştikten sonra mevcut haliyle çatı yönetmeliğinin öne çıkan özellikleri aşağıdaki şekilde sıralanmaktadır:

- 1) Çatı yönetmeliği, tüketicileri bu yönde karar almaya sevk edecek teşvikler sağlayarak, belli bir seviye üzerinde tüketim gereksinimi bulunan tüketici tesislerin çatı ve cephe güneş enerji santrali uygulamalarını kullanmasını artırmayı amaçlar.
- 2) Hane kullanımı için kurulacak santraller için azami kurulu güç 10 kW'tır. Orta gerilimden şebekeye bağlı bir sanayi işletmesi ise maksimum 5 MW veya trafo sözleşme gücüne kadar kurulum yapma hakkına sahiptir. Kurulu gücü 3 kW altında kalabilecek santraller için, proje sürecini hızlandırmak adına, direkt bağlantı görüşü oluşturulabilecektir.
- 3) Yönetmeliğin ilk halinde ihtiyaç fazlası üretilen elektrik enerjisinin görevli tedarik şirketine YEKDEM kapsamında sunulan satın alım tarifesi üzerinden satılmasına olanak verilmekteydi. 2019 Mayıs ayında yayımlanan bir tebliğle bu uygulama içerisindeki üreticinin kendi abone grubuna ait tek zamanlı aktif enerji birim fiyatı ile değiştirilmiştir.
- 4) Başvuru ve sonraki süreçte yapılan ödemelerde diğer lisanssız üretim santrallerine kıyasla daha düşük tutarlar ödenmektedir. 29 Aralık 2020 tarihli Resmi Gazete'de 2021 yılı için EDAŞ sistem işletim bedelinin 250 kW ve altı için 0 TL iken 250 kW üstü kurulu güç için 947,5 TL olarak uygulanacağı açıklanmıştır.

Diğer lisanssız üretim santrallerine kıyasla çatı yönetmeliği kapsamında kurulabilecek santrallere dair izlenecek süreçler çok daha hızlı ilerlemektedir.

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanı Fatih Dönmez'in GENSED Güneş Zirvesi Açılış Oturumu'nda yaptığı açıklamalara göre 2020 sonu verileri toplam 458 MW kurulu kapasiteye sahip çatı GES olduğunu göstermektedir. Buna ek olarak 3.490 MW kurulu güce sahip 9.178 adet çatı GES başvurusunun onay beklediği açıklanmıştır.

Buna ek olarak yapılan analizlerde çatı üstü güneş enerjisi sistemlerinin toplam teknik potansiyelinin 14.9 GW olduğu tahmin edilmektedir.



9 Mayıs 2021 tarihinde Resmi Gazete'de yayınlanan bir tebliğe göre lisanssız üretim santrallerine bazı ek avantajlar sağlanmıştır:

- 1) Azami kurulu güç limiti kaldırılmış, çağrı mektubunu 12 Mayıs 2019'dan sonra almış projelere kapasite artırım hakkı tanınmıştır.
- 2) Yer tesisleri bazı koşullar altında tekrar yönetmeliğe dahil edilmiştir.
- 3) Yerel teşvikler 30 Haziran 2021 tarihinden sonra faaliyete geçen tesisler için başvurulabilir olacaktır.

23 Ekim 2021 tarihinde "Son Kaynak Tüketici Tarifesi" tebliğinde yapılan değişiklikle ulusal tarifeden yaralanma üst sınır 7 milyon kWh/yıl yerine 3 milyon kWh/yıl olarak değiştirilmiştir. Bu değişikliğin öztüketime yönelik lisanssız GES talebini arttırması ve çatı GES uygulamalarını daha yaygın hale getirmesi beklenmektedir.

Rüzgar ve güneşe dayalı kurulu güç kapasitesinin artırılması için ek kapasite bugüne kadar farklı yöntemlerle yatırımcılara dağıtılmıştır. En son gelinen noktada lisanslı kapasitenin dağıtılması aşamasında güneş ve rüzgarda YEKA modeli izlenmektedir.

A YEKDEM Öncesi



- İhale süreci yerine yatırımcının geliştirdiği projeler için başvurusu üzerinden ilerleyen bir süreç olarak dizayn edilmiştir.
- Alım garantileri proje ve yatırımcı özelinde dinamikler dikkate alınarak belirlenmiştir.

B 2011 Rüzgar İhaleleri



- Rüzgar enerjisi santralleri için 2011 yılında ilk ihale sistemi tanıtılmıştır.
- Kazanan yatırımcıların, YEKDEM garanti fiyat tarifesinden TL/MWh cinsinden belirlenecek bir katkı payını 20 yıl boyunca ödenmesi zorunlu tutulmuştur.
- 13 yarışma bölgesinde toplam 5.500 MW rüzgar enerjisi kapasitesi tahsis edilmiştir.

C 2015 Güneş İhaleleri



- Güneş enerjisi santralleri için 2015 yılında yeni bir ihale sistemi uygulanmıştır.
- İhalelerde kazananı belirleyen MW başına bir defaya mahsus ödenecek TL bazlı katkı payı tutarı olmuştur. Ödemenin faaliyete başladıktan sonraki üç yıl içinde yapılması planlanmıştır.
- Toplam 600 MW GES kapasitesi tahsis edilmiştir.

D 2017 Rüzgar İhaleleri



- Rüzgar enerjisi santralleri için 2014 yılında duyurulan ve 2015 yılında başvuruları alınan ihaleler 2017 yılında gerçekleştirilmiştir.
- Toplam 3.000 MW kurulu güç (rüzgar) tahsis edilmiştir.
- YEKDEM garanti fiyat tarifesi dışında tutulan bu ihalelerde garanti fiyat teklifleri, bağımsız sabit fiyatlar olarak ya da piyasa fiyatı üzerine uygulanacak iskontolar olarak idareye sunulmuştur.

E YEKA İhaleleri



- **Yenilenebilir enerjinin geliştirilmesi için mevcut olarak kullanılan, ilerleyen zamanlarda da kullanılacağı öngörülen ihale modelidir.**
- **Katılımcılar, kWh başına tanımlanan tavan fiyatı üzerinden indirim sunmaktadır. Kazanan üretici, belli bir endeks mekanizmasına göre değişecek fiyat taahhüdü üzerinden 15 yıllık bir elektrik alım anlaşması imzalamaktadır.**



Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı'nın, büyük ölçekli yenilenebilir projelere ilişkin yeni bir yatırım modeli oluşturulması için yürüttüğü çalışmalar sonucu 2016 yılında YEKA ihale modeli oluşturulmuştur

Yeni YEKA yatırım modeline ilişkin düzenleme, 9 Ekim 2016 tarihinde Resmi Gazete'de yayımlandıktan sonra yürürlüğe girmiştir.

Bu yatırım modeli kapsamında, önceden belirlenmiş yenilenebilir enerji kaynak alanlarındaki kurulu güç kapasiteleri, teklifleri dikkate alınarak, potansiyel yatırımcılara tahsis edilmektedir. Bu ihalelerde ayrıca önceden belirlenmiş teknik özelliklere ve yerli aksamaya sahip santraller inşa etme yükümlülüğü bulunmaktadır.

YEKA modelinin temel hedefi, yenilenebilir enerji kaynaklarının daha verimli kullanılmasını ve potansiyel yatırımcılar için ihtiyaç duyulan ihale altyapısının oluşturulmasını sağlamaktır.

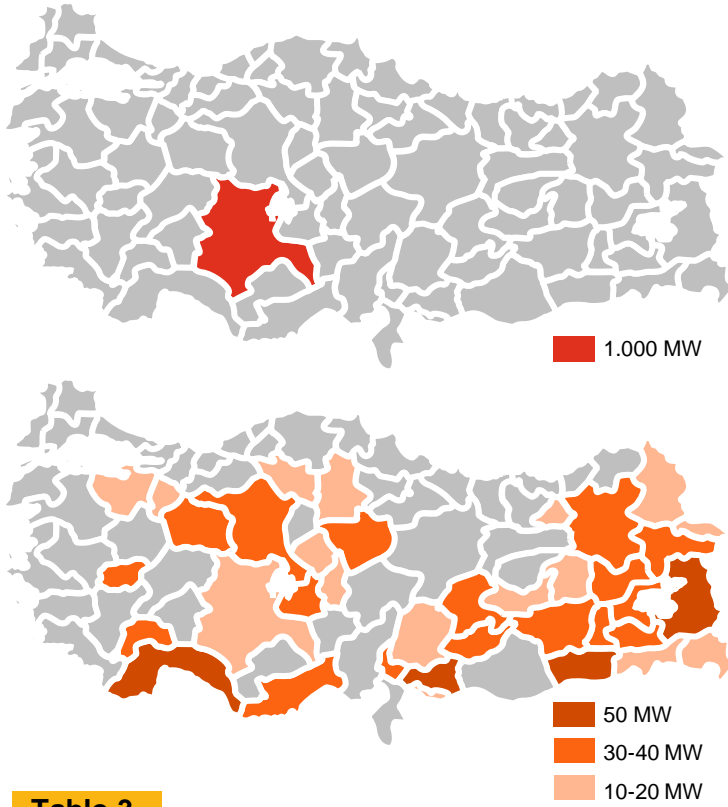
Bazı YEKA ihaleleri kapsamında belirlenen bölgeler, elektrik üretim santralinde kullanılacak ekipmanın yerli imalatını mümkün kılan yatırımcılara tahsis edilmektedir. Bu bölgelerdeki yerli aksam yükümlülüğü; teknoloji uzmanlık transferine ve araştırma ve geliştirme alanlarına yatırımların artmasına katkıda bulunmayı amaçlamaktadır.

YEKA ile ilgili düzenleme, aşağıdaki hususlara ilişkin usul ve esasları belirler:

- Yenilenebilir Enerji Kaynak Alanları'nın (YEKA) belirlenmesine ilişkin prosedürlerin oluşturulması,
- Belirlenen bölgeler için bağlantı ve kurulu güç kapasitesi tahsis edilmesi,
- Tahsis edilen kurulu güç kapasitesi içindeki yerel üretim ve yerli aksamın toplam içindeki oranının belirlenmesi,
- İhalelere katılacak tüzel kişiler tarafından yerine getirilmesi gereken koşulların ve yeni yarışmaların düzenlenmesi,
- İhaleyi kazanan yatırımcıların YEKA üretim tesisleri için lisans başvuru süreçlerinin düzenlenmesi.

YEKA modeli ile geliştirilen santrallerde üretilen elektrik, YEKDEM kapsamında değerlendirilmektedir. Bu santraller için geçerli olacak elektrik alım fiyatları, ihale içerisindeki yarışmada açık artırma yöntemi ile belirlenmektedir.

Bugüne kadar başarıyla tamamlanmış toplamda iki adet GES YEKA ihalesi bulunmaktadır.



YEKA GES-1

Kalyon Grup, YEKA GES-1 kapsamında inşa etmeyi taahhüt ettiği Kalyon Güneş Teknolojileri Fabrikası'nı 2020 yılı Ağustos ayında devreye almıştır. Konya Karapınar'da kurulacak Türkiye'nin en yüksek kapasiteye sahip GES için toplam 1.000 MW'lık üretimin tamamının 2022 yılında tamamlanmış olması planlanmaktadır.

Mini YEKA GES-3

Toplam 1.000 MW kapasiteli ve 36 şehirde bulunan 74 GES için gerçekleştirilen Mini YEKA GES-3 ihalesi, 10, 15 ve 20 MW kapasiteli GES'leri kapsamaktadır. Açık eksiltme ve kapalı zarf usulü ile alınan fiyat teklifleri neticesinde 15 yıllık alım garantili ihaleler dağıtılmıştır. Alım garanti süresince alım fiyatının 53 \$/MWh seviyesini geçmeyeceği kararlaştırılmıştır.

Tablo 3

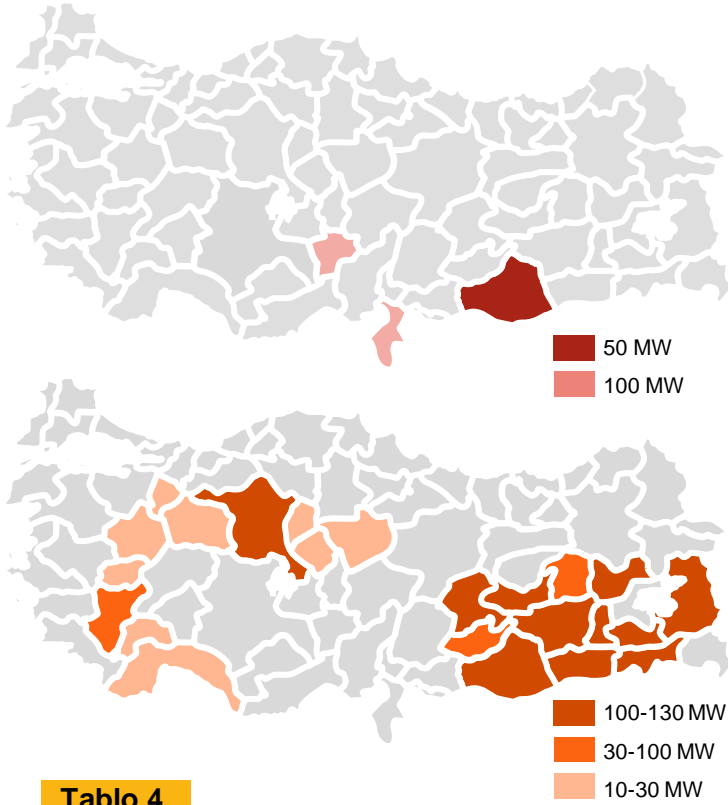
Tamamlanan veya İptal Edilen YEKA GES İhaleleri

	YEKA GES-1	YEKA GES-2 (İptal Edildi)	Mini YEKA GES-3
Konum	Konya - Karapınar	Niğde, Hatay, Şanlıurfa	36 Şehir
Tarih	20 Mart 2017	-	26-29 Nisan 2021 24-27 Mayıs 2021
Kurulu Güç	1.000 MW	1.000 MW	1.000 MW
Tavan Fiyatı	80 \$ / MWh	65 \$ / MWh	350 TL / MWh
Minimum Kazanan Teklif	-	-	182 TL/MWh Osmaniye-2, Naturel Enerji
Kazanan Teklif	69,9 \$/MWh	-	Ortalama 215TL/MWh
Maksimum Kazanan Teklif	-	-	320 TL/MWh Hakkari-2, Varen
Kazanan Şirket	Kalyon ¹	-	-
Satın Alım Garantisi Süresi	15 Yıl	15 Yıl	15 Yıl
Yerli Aksam Oranı	İlk 500 MW için %60, ikinci 500 MW için %70	%60	%60

¹YEKA GES-1, Kalyon ve Hanwha konsorsiyumu tarafından kazanılmıştır. Ancak, Hanwha 2019 yılında konsorsiyumdan ayrılmıştır.

Kaynak: ETKB

2022 yılı için planlanan YEKA ihaleleri kapsamında 2.500 MW ek kapasite dağıtılması planlanmaktadır.



Tablo 4

Planlanan YEKA GES İhaleleri

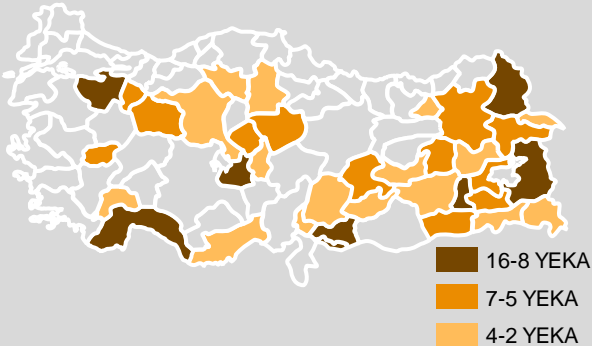
	Mini YEKA GES-4	Mini YEKA GES-5
Konum	3 Şehir	23 Şehir
Kurulu Güç	1.000 MW	1.500 MW
Tavan Fiyatı	400 TL / MWh ¹	400 TL / MWh ¹
Satın Alım Garantisi Süresi	GES'in ilk kabul tarihinden itibaren üretilen ilk 23 GWh	GES'in ilk kabul tarihinden itibaren üretilen ilk 23 GWh
Yerli Aksam Oranı	%75	%75

Mini YEKA GES-4

Gerçekleştirilecek olan Mini YEKA GES-4 ihalesi kurulu gücü 50 MW ve 100 MW arasında değişen, 3 şehir ve 15 bölgede bulunan GES'leri kapsayacaktır. Yarışmaya katılmak için yapılacak başvuruların 30 Mart 2022 tarihine kadar alınması planlanmaktadır. Yarışma tarihleri daha ileri bir tarihte duyurulacaktır. Yarışmalarda bölüştürülecek toplam kurulu güç 1.000 MW olarak belirlenmiştir.

Mini YEKA GES-5

Mini YEKA GES-5 ihalesi toplam kurulu gücü 1.500 MW'a tekabül eden 10, 20 ve 30 MW kapasiteli, 23 şehir ve 76 bölgede bulunan GES'ler için gerçekleştirilecektir. Yarışmaya katılmak için yapılacak başvuruların 31 Mayıs 2022 tarihine kadar alınması planlanmaktadır. Yarışma tarihleri daha ileri bir tarihte duyurulacaktır.



YEKA GES-3 İhalesi'nin sonuçlanmasından sonra Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı ihaleyi kazanan şirketler ile birlikte yürüttüğü çalışmalar neticesinde 23 Eylül 2021, 20 Ekim 2021 ve 7 Aralık 2021 tarihlerinde yeni Aday YEKA'ları ilan etmiştir. Bu üç ayrı duyuruda toplam 36 şehirde 216 Aday YEKA'nın adresi, koordinatları, kurulacak sistem ve güneş hücresi türü, bağlantı noktası gibi bilgiler kamuya açıklanmıştır. Böylelikle ileride düzenlenecek YEKA ihalelerinde yarışmaya açılacak alanların detayları belirlenmiştir.

¹Gerçekleştirilecek Mini YEKA İhaleleri için belirlenen tavan fiyatların ihale öncesinde ETKB tarafından tekrar değerlendirilebileceği duyurulmuştur.

YEKA GES-3 ihalesinde oluşan fiyatlar incelendiğinde, ihalenin gerçekleştiği tarihlerde oluşan Piyasa Takas Fiyatı'nın altında kaldığı görülmektedir.

Lisanssız GES'lere göre daha büyük kapasiteli lisanslı tesislerde üretilen enerji şu an 3 ayrı şekilde fiyatlanabilmektedir:

Eski YEKDEM Fiyat Tarifesi

2015'de yarışması yapılan ve 30 Haziran 2021 tarihinden önce sistem bağlantıları ve geçici kabulü gerçekleşmiş tesisler için geçerlidir.

YEKA Fiyat Tarifeleri

YEKA yarışmalarında hak kazanılan kapasiteler için geçerli olacak garanti fiyat tarifeleridir.

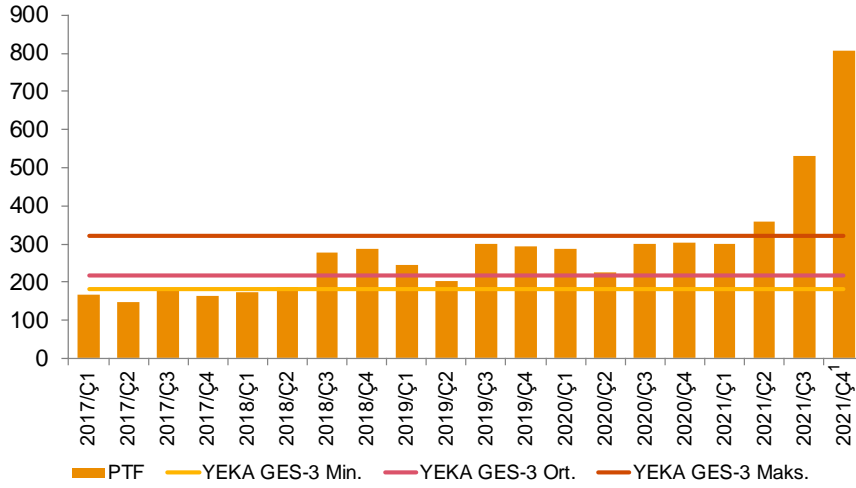
Güncel YEKDEM Fiyat Tarifesi

1 Temmuz 2021 sonrası devreye alınacak ve YEKA dışında lisanslanabilecek lisanslı GES'ler için geçerli olabilecek tarife çeşididir.

■ Aktif ■ İnaktif

Grafik 53

Piyasa Takas Fiyatı ve YEKA GES-3 İhalesinde Gerçekleşen Fiyatlar (TL)



260 MW'lık kurulu gücün dağıtıldığı ilk aşaması **26 - 29 Nisan 2021**'de, COVID-19 nedeniyle ertelenen ve kalan 740 MW'lık kurulu gücün dağıtıldığı ikinci aşaması da **24 - 27 Mayıs 2021**'de gerçekleşen YEKA GES-3'te ihaleleri kazanan fiyatlar, 2021 yılı ikinci yarısında oluşan Piyasa Takas Fiyatı (PTF) seviyelerinin kayda değer derecede altında kalmıştır. Bu durumun oluşmasında yatırımcı beklentilerinin güneş enerjisi üretim maliyetinin düşmeye devam edeceği yönünde olması ve ihale koşulları nedeniyle oluşan rekabet önemli bir rol oynamıştır.

Güncel YEKDEM Tarifeleri:

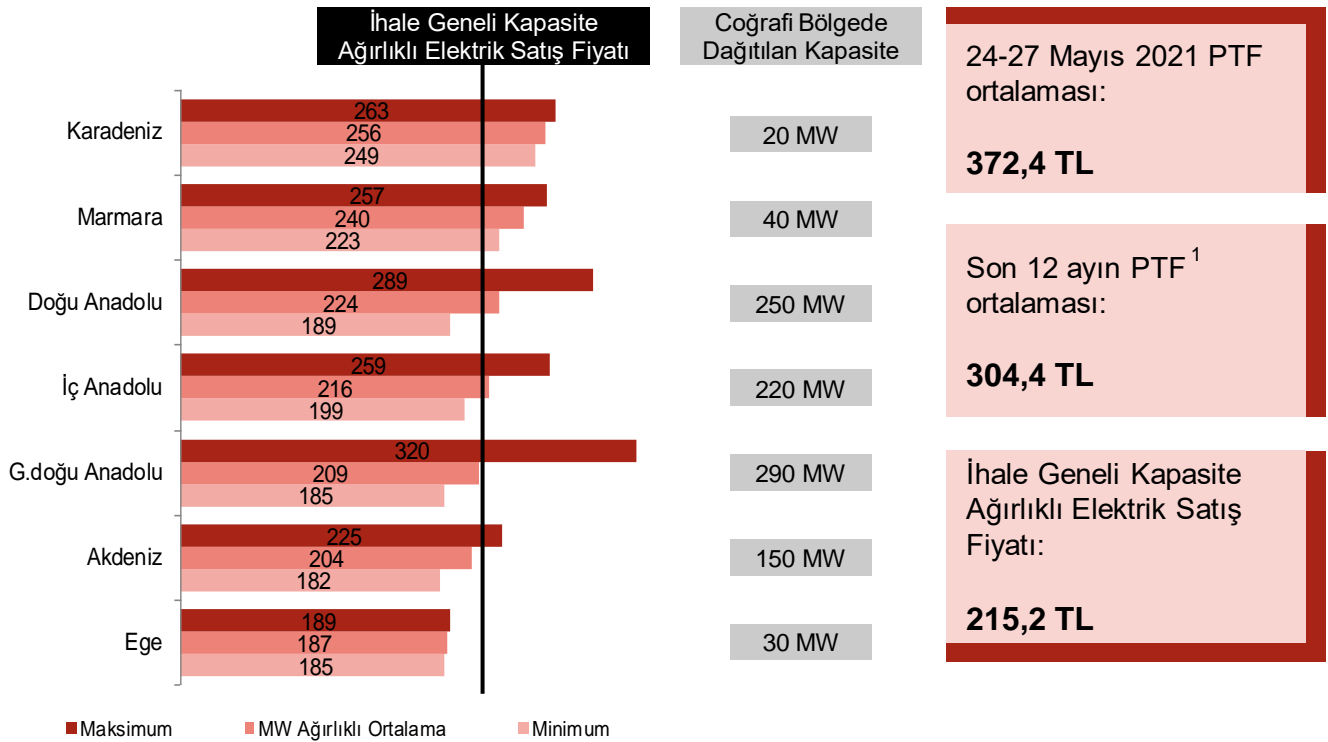
1 Temmuz 2021 ile 31 Aralık 2025 tarihleri arasında devreye alınacak lisanslı yenilenebilir enerji santralleri YEKDEM tarafından garantilenen yeni alım desteğinden faydalanabilecektir. Güncel YEKDEM, önceki tarifenin aksine \$ değil TL üzerinden belirlenmektedir. Güneş enerjisi için belirlenen YEKDEM tarifesi **0,32 TL/kWh** olarak açıklanmıştır ve teşvik dönemi boyunca belirlenen üst limit olan **0,051 \$/kWh** seviyesinin TL karşılığını geçmeyecektir. Bu karşılık, güncel fiyatlandırma döneminden 2, 3 ve 4 ay önceki 3 aylık dönem için TCMB tarafından açıklanan aylık ortalama \$/TL kurunun ortalaması üzerinden hesaplanacaktır. Ayrıca YEKDEM tarifesi TÜFE, ÜFE, \$ ve € kuru seviyelerindeki değişime göre her çeyrek belirli bir fiyat endeksleme formülüne göre güncellenecektir. Bunlara ek olarak, üretim aksamalarının en az **%51** oranında yerli üretim olduğu bağımsız denetçi kurulu tarafından onaylanması halinde üreticiye **0,08 TL/kWh**'lik yerli üretim aksam teşviki 5 sene boyunca sağlanmaktadır.

¹2021 4. çeyrek ortalama PTF seviyeleri hesaplanırken 20.12.2021'e kadar açıklanan bilgi kullanılmıştır.

24-27 Mayıs 2021 tarihleri arasında düzenlenen YEKA GES-3 ihalesinde 36 şehir ve 74 bölgede elektrik satış fiyatları 182 TL/MWh ile 320 TL/MWh arasında gerçekleşmiştir. Birçok bölgede ihaleyi kazanan elektrik satış fiyatı; ihale tarihine kadar olan son 12 aylık dönemine ilişkin ortalama PTF'nin altındadır.

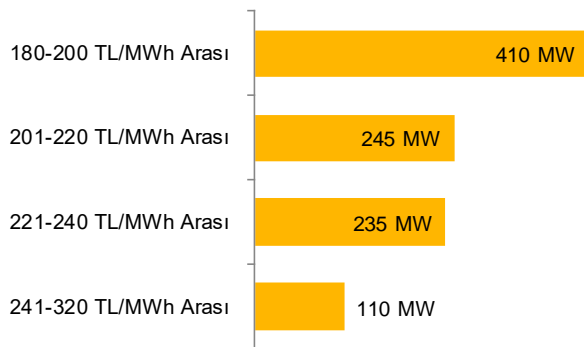
Grafik 54

YEKA GES-3 İhalesi Bölgelere Göre Tahsis Edilen Kapasite ve Kapasiteye Göre Ağırlıklandırılmış Elektrik Satış Fiyatı (TL/MWh)



Grafik 55

YEKA GES-3 İhalesi Fiyatlarının Dağılımı



YEKA GES-3 ihalesinde elektrik satış fiyatlarının son 12 aylık PTF ortalamasının ve ihalenin gerçekleştiği tarihlerdeki PTF ortalamasının altında oluşması:

- Ortalama üretim (LCOE) ve kurulum maliyetlerindeki düşüşün devam edeceği beklentisi,
- Yenilenebilir enerji kaynaklarının faydalanabileceği aktif karbon pazarlarına dair beklentiler,
- İhale zamanında yeni YEKA'larla ilgili belirsizlikler gibi sebeplerle açıklanmaktadır.

¹Son 12 ay 28.05.2020 ve 27.05.2021 arasındaki dönemi kapsamaktadır.

Hibrit üretim santralleri, farklı teknolojilere sahip elektrik üretim santrallerinin bir araya gelmesiyle oluşur. Bu santrallerin temel amacı, maksimum verimlilikle elektrik üretmektir. Hibritleme sonucu azalan iç tüketim ve artan üretim verimliliği sayesinde, hibrit santrallerin ilerleyen dönemde üretimde paylarının artması beklenmektedir.

8 Mart 2020 tarihli Resmi Gazete ile Elektrik Piyasası Lisans Yönetmeliği'ne, birleşik yenilenebilir elektrik üretim tesisi ve destekleyici elektrik üretim santralleri dahil olmak üzere eklenen sekiz yeni tanım bulunmaktadır. Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Belgelendirilmesi ve Desteklenmesine İlişkin Yönetmelik'teki başlıca değişiklikler aşağıda listelenmiştir:

- 1 Birleşik yenilenebilir elektrik üretim tesisi, aynı noktadan şebekeye bağlanan yenilenebilir enerji santrallerini ifade etmektedir.
- 2 Destekleyici kaynaklı elektrik üretim tesisi, termal dönüşüm işlemi için başka bir kaynağın kullanıldığı bir tesis türüdür.
- 3 Birleşik yenilenebilir elektrik üretim tesislerinde, üretim tesisinde kullanılan yenilenebilir enerji kaynakları için YEKDEM kapsamında sunulan tarifede tanımlanan en düşük fiyat bu santrallerde gerçekleştirilecek net elektrik üretimine uygulanacaktır. Destekleyici kaynaklı elektrik üretim tesisi için, destekleyici üretimin tamamının yenilenebilir enerji kaynaklarından olması durumunda, ana kaynak YEKDEM kapsamında sunulan tarife dikkate alınacaktır.
- 4 YEKDEM süresi yeni hibrit santrallerinden etkilenmeyecektir ve bu süre ana santrale göre belirlenecektir.
- 5 Halihazırda faaliyette olan santrallerin yanı sıra yeni kurulacak santraller de bu yönetmelik kapsamında olacaktır.
- 6 Yönetmeliğe göre, birden çok kaynaklı elektrik üretim tesisleri için yeni lisans uygulamasına gerek yoktur. Halihazırda üretim lisansı veya ön lisansı bulunan santrallerin birden çok kaynaklı elektrik üretim tesisine dönüştürülmesi durumunda, santrallerin toplam kurulu gücü önceden teyit edilen elektrik kapasitesini aşamaz.
- 7 Hibrit santral yönetmeliği 1 Temmuz 2020 tarihinde yürürlüğe girmiştir.

Jeotermal kaynaklar için elektrik satışını yaklaşık %20 oranında azaltan bir iç tüketim söz konusudur. Jeotermal santraller bu iç tüketimlerini diğer yenilenebilir enerji kaynakları vasıtasıyla karşılayabilirler. Bu nedenle hibrit üretim santralleri ile bu kaynak türü için ek gelir sağlanması olasıdır.

Yenilenebilir enerji yatırım bulunan bir çok girişimci ve yatırım grubu hibrit yönetmeliğinden faydalanmak ve hibrit enerji santralleri kurmak adına yatırımlarını açıklamışlar ya da başlamışlardır.

Hibrit Enerji Santralleri ile ilgili Türkiye'deki Son Gelişmeler:

KALEHAN
ENERJİ

Kalehan Enerji Grubu, Aşağı Kaleköy Hidroelektrik Santrali ile Türkiye'deki ilk hidroelektrik (**500 MW**) ve güneş (**80 MW**) hibrit santralini faaliyete geçirmiştir. Ayrıca Aşağı Kaleköy HES, özel sektöre ait 6. en büyük HES'tir ve üçüncü kaynak olarak rüzgar enerjisinin entegre edilmesi planlanmaktadır.

ZORLUENERJİ

Zorlu Enerji, 2020 Faaliyet Raporu'nda Manisa'da bulunan **45 MW'lık** Alaşehir Jeotermal Enerji Santrali'ne **3,6 MW** kapasiteli yardımcı kaynak güneş enerjisi santrali eklemeyi planladığını açıklamıştır.

Aydem
enerji

Aydem Enerji KAP'ta yayınladığı bildirimde **300 MW** olan hibrit yatırım planlarını **600 MW'a** çıkardığını açıklamıştır. Bunlara ek olarak Akıncı HES (Tokat) için **74,5 MW**, Koyulhisar HES (Sivas) için **56,4 MW**, Uşak RES için **55,6 MW**, Mentaş HES (Adana) için de **49,4 MW** kurulu güce sahip yardımcı kaynak GES'lerin ÇED süreçlerinin devam ettiği aktarılmıştır.

GALATAWIND

Galata Wind Halka Arz İzahnamesi'nde yer alan Bursa'daki Taşpınar RES için planlanan **42,6 MW** kurulu güce sahip olan yardımcı kaynak GES'in ÇED sürecinin devam ettiği açıklamıştır.

AKÇA ENERJİ

Akça Enerji, Denizli'de bulunan Torunlar 1 JES için yapılan lisans tadil başvurusunun EPDK tarafından onaylanmış olduğunu ve tesis iç tüketimini karşılamak üzere GES yatırımı için yapılan fizibilite çalışmaları devam ettiğini duyurmuştur.

Hibrit Santraller

Yapılması planlanan ve duyurulan hibrit enerji üretim projelerin tamamında güneş enerjisinden faydalanılacak olması, GES'lerin modülerliğini, teknolojiye paralel olarak ucuzlamaya devam eden üretim maliyetlerini ve diğer enerji üretim yöntemleriyle hibritlenmeye uygun yapısını ortaya koymaktadır.

2015 yılından beri hızlıca artan GES kurulu gücünün önümüzdeki dönemde de, hem yerel hem de küresel gelişmeler ve beklentiler doğrultusunda, hız kesmeden artmaya devam etmesi beklenmektedir.

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı 2019-2023 Stratejik Planı'nda sürdürülebilir enerji arz güvenliğini sağlamak adına yerli ve yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı elektrik gücünün toplam kurulu güce oranının %65'e yükseltilmesi ve **2023'e gelindiğinde 10 GW güneş enerjisi toplam kurulu gücüne** ulaşılması hedeflenmektedir. **IEA ise 2021-2026 yılları arasında Türkiye'nin yenilenebilir enerji kurulu gücünün 26 GW'dan fazla artacağını ve bu artışın yaklaşık yarısının (12 GW) güneş enerjisinden sağlanacağını öngörmektedir.**



Önümüzdeki yıllarda Türkiye'deki güneş enerjisi kurulu gücü artırması beklenen ana etmenler:

- 1 YEKA GES Projeleri
- 2 Hibrit Santraller
- 3 Sanayi ve Hane Lisanssız Çatı GES'leri
- 4 Enerji Alım Anlaşmaları (PPA)

Tablo 5

YEKA GES Kurulu Güçleri ve Konumları

İsim	Konum	Kurulu Güç (MW)
YEKA GES - 1	Konya	1.000
YEKA GES - 3	36 Şehir	1.000
YEKA GES - 4	3 Şehir	1.000
YEKA GES - 5	23 Şehir	1.500
Toplam		4.500



Duyurulan ve tamamlanan YEKA ihaleleriyle, toplam 4.5 GW büyüklüğünde ek GES kurulu güç Türkiye'nin güneş enerjisi kapasitesine eklenecektir. İlerleyen dönemlerde yeni YEKA GES ihalelerinin duyurulması da mümkün olduğundan bu seviyenin üstüne çıkılması olasıdır.



Güneş enerjisi üretim sistemlerinin modülerliği ve kolay ölçeklenebilir olmasının bir sonucu olarak birçok enerji üretim şirketi, aktif olan enerji santralleri için yardımcı kaynak GES kurmayı planladıklarını ve hibrit santral yatırımlarını açıklamıştır.



İlerleyen yıllarda sanayi kuruluşlarında da çatılara kurulan GES'lerdeki artışın devam etmesi beklenmektedir. Sadece büyük sanayi kuruluşları değil; hastane, adliye ve alışveriş merkezleri gibi kamusal kullanıma açık yapılar da çatı GES'ler için uygun adaylardır. Çatı GES'ler hem enerji maliyetlerini düşürmekte ve buradaki belirsizliklerin şirketlerin finansal performansı üzerindeki etkisini ortadan kaldırmaktadır. Karbon salımı önemli seviyede olan sanayi kuruluşlarının çevreye olan etkilerini sınırlamak ve bunu da belgeleyerek sınırda karbon vergisi gibi uygulamaların olumsuz etkilerini bertaraf etmek için çatı GES uygulamalarından faydalanabileceklerdir.

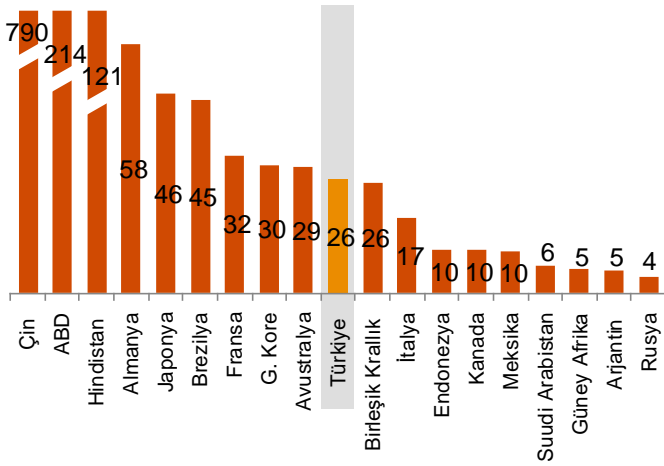


Türkiye'nin güneş enerjisi kurulu gücünü yukarıya taşıyabilecek bir diğer etmen de Enerji Alım Anlaşmaları'dır. PPA'lerin bir şekli de bir EPC ya da üretim şirketinin, tüketicinin çatısına GES kurulumu yaparak buradan elde edilecek enerjinin bir süre sabit fiyattan tüketiciye satılması ve anlaşma süresinin sonunda da tüketiciye sahipliğin devredilmesi şeklinde gerçekleşmektedir. Enerji alım anlaşmalarının giderek yaygın hale gelmesi ve bilinçli tüketicilerin yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilen elektriği kullanmak istemesi GES'lere yatırımı daha da cazip hale getirecektir.

IEA'in tahminlerine göre 2026'ya kadar Türkiye'de GES kurulu gücünün yıllık ortalama 2 GW seviyesinde artması beklenmektedir. Mevcut ve planlanan YEKA'ların devreye girmesiyle bile bu kapasitenin yarıya yakını garanti altına alınmış olacaktır.

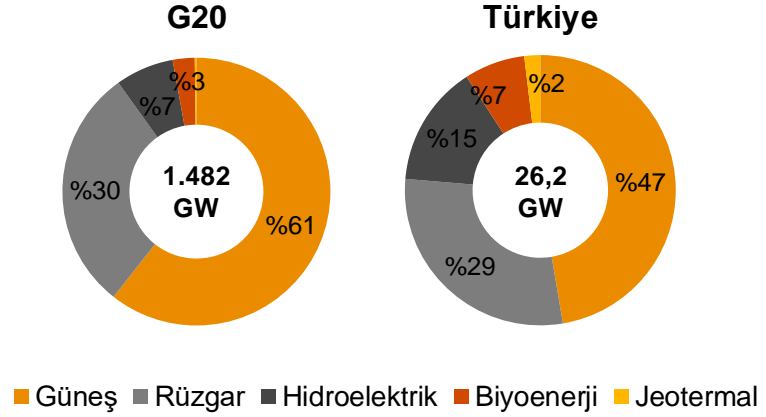
Grafik 56

2020-2026 Yılları Arasında G20 Ülkeleri Yenilenebilir Enerji Kurulu Güç Artışı Tahmini, (GW)



Grafik 57

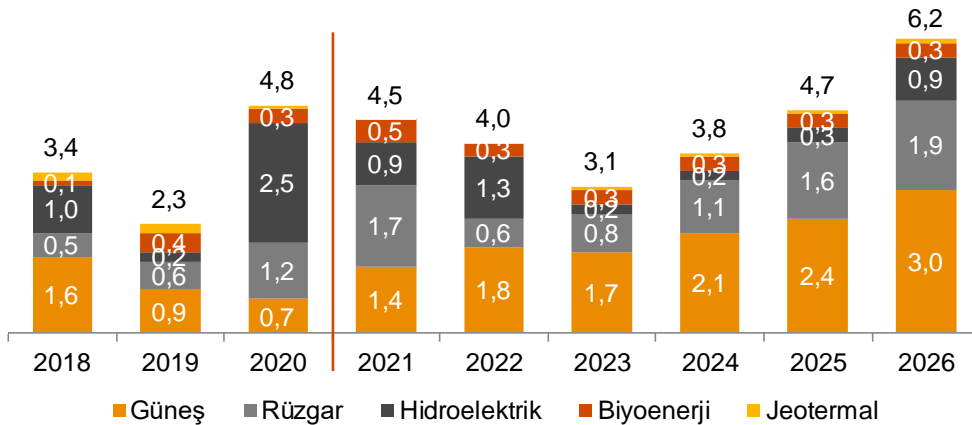
2020-2026 Yılları Arasında Yenilenebilir Enerji Kurulu Güç Artışı Tahmini Kırılımı, (GW)



2020-2026 yılları arasında gözlenmesi beklenen yenilenebilir enerji kurulu gücü artışında Çin, ABD ve Hindistan başı çekmektedir. IEA söz konusu dönem boyunca Türkiye'nin kurulu güç artışı bakımından dünyada 10. sırada olacağını tahmin etmektedir. Kapasite artışının enerji kaynakları bazında kırılımı incelendiğinde, güneş enerjisinin açık ara farkla ilk sırada olduğu ve rüzgar enerjisiyle beraber geleceğin enerji dönüşümünde başrolde olacağı görülmektedir.

Grafik 58

Türkiye'deki Yenilenebilir Enerji Kurulu Güç Artışı (GW)



Hidroelektrik enerjinin yeni eklenecek kurulu güçteki etkisinin zamanla azalması beklenmektedir. Türkiye'de 2020-2026 arasında oluşması beklenen yenilenebilir enerji kurulu güç artışına en büyük katkıyı güneş enerjisinin yapacağı ve rüzgar enerjisinin de ikinci sırada olacağı öngörülmektedir.

Konsolidasyondan uzak güneş enerjisi ekosisteminde yüksek sayıda paydaş bulunmaktadır. Paydaşlar değer zincirinin birçok noktasında aynı anda faaliyet göstermektedir. Örnek vermek gerekirse panel üreten şirketlerin önemli bir kısmı aynı zamanda EPC faaliyetlerinde de bulunmakta ve kendi GES'lerini de işleterek enerji üretimi yapmaktadır.

Regülatörler
ve Devlet
Kurumları



Sivil Toplum ve
Medya Kuruluşları



Türkiye'de güneş enerjisi kurulu gücünün lisanssız santraller üzerinden geliştirilmesi, lisanssız santrallerin asgari büyüklüğüne dair düzenlemeler, GES yatırımlarının ölçek bağımsız performansları ve uygun yatırım maliyetleri; GES yatırımcılarının çok farklı profillerden oluşmasına neden olmuştur. Ekosistem içerisinde yatırımcılara destek veren Ekipman Üreticileri ve EPC Şirketleri de yurtiçinde bazı projelerde yatırımcı olarak yer almıştır. Bir çok ekipman üreticisi ve EPC şirketinin aynı zamanda Türkiye'de edindikleri deneyimi kullanarak yurtdışında da GES projeleri geliştirdikleri ve bu projelere hem ekipman sağlayıp hem de yatırım ve işletmesinden sorumlu oldukları görülmektedir.

Ekipman Üreticileri

Panel Üreticileri, GES'lerin temel taşıını oluşturan panelleri üreten şirketlerdir. Türkiye'de değişen büyüklüklerde yıllık üretim kapasitesine sahip çok sayıda panel üreticisi bulunmaktadır.

Hücre Üreticileri, güneş panellerinde kullanılan güneş hücreleri üretimi yapan şirketleri temsil eder ve Türkiye'de bu işlev sadece Kalyon PV'nin Ankara'daki fabrikasında gerçekleştirilmektedir. Ayrıca Smart Güneş Teknolojileri, Çinli Fortune 500 firması SUMEC Energy Holdings ve Singapur menşeli LN Technology PTE LTD ile işbirliği yaparak hücre üretim tesisi kuracağını duyurmuştur. Aynı grupta invertor üreticileri, konstrüksiyon üreticileri ve kablo üreticileri gibi diğer girdi sağlayıcı şirketler de bulunmaktadır.

EPC Şirketleri

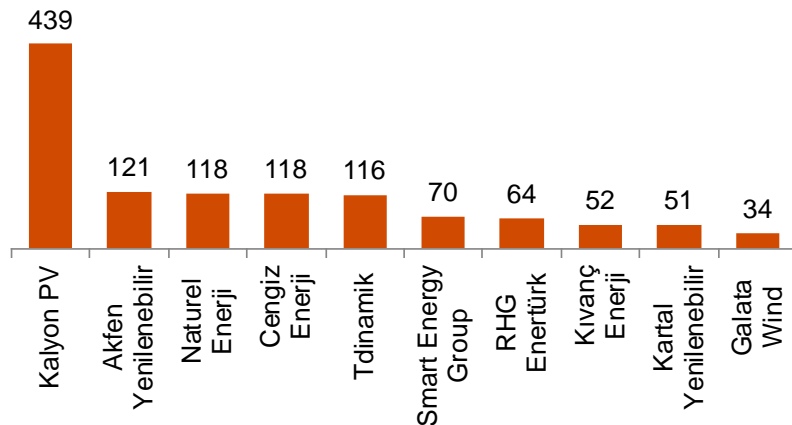
EPC Şirketleri, GES'lerin proje planlanması, mühendislik hizmetleri ve güneş panellerinin kurulumu gibi birçok hizmeti veren şirketlerdir. Panel üretimi yapan birçok şirket aynı zamanda EPC faaliyetlerinde bulunmaktadır. Sadece EPC yapan şirketler de mevcuttur. Türkiye'de faaliyette bulunan EPC şirketleri panel tedarikini yerli ya da yabancı panel üreticisi şirketlerden karşılamaktadır.

Yatırımcılar

Yatırımcılar, lisanslı ya da lisanssız GES'lere yatırım yapmış firmaları ifade etmektedir. Türkiye'deki güneş enerjisi kurulu gücünün son döneme kadar daha çok lisanssız ve küçük ölçekli santraller üzerinden büyümüş olması yatırımcıların kendi içindeki dağılımı da etkilemiştir. GES yatırımları bulunan ve enerji alanında başka bir çok alanda faaliyeti olan yerli ya da çok uluslu yatırımcılar olabildiği gibi; küçük ölçekli, yatırım amaçlı ya da iç tüketime yönelik GES kurmuş ve faaliyet alanı daha sınırlı yatırımcıların da olduğu anlaşılmaktadır.

Grafik 59

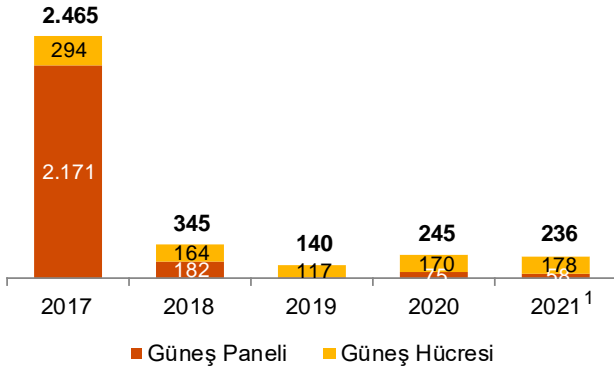
Güneş Enerjisi Toplam Kurulu Gücü 30 MW'tan Fazla Olan Bazı Türk Şirketler (MW)¹



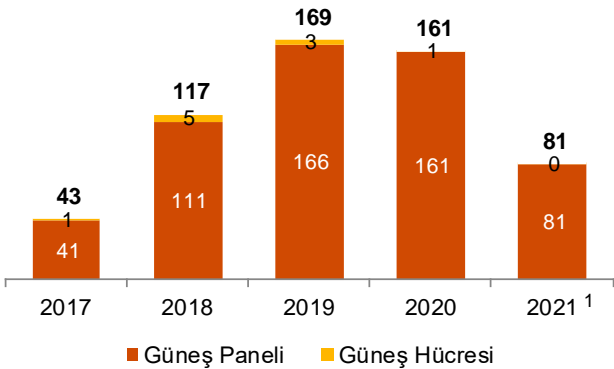
¹Şirketlerin güneş enerjisi kurulu gücü konusunda internet sitelerindeki bilgiler dikkate alınmıştır.

Kaynak: Halka Açık Kaynaklar (2021)

Türkiye’de güneş enerjisi ürünleri ithalatı, 2017 yılında Çinli üreticilere uygulanmaya başlanan anti-damping vergisiyle beraber %86 oranında gerilemiştir. 2019 yılından itibaren güneş paneli ihracatı, ithalatın önünde seyretmiştir.

Grafik 60**Güneş Enerjisi Ürünleri İthalatı (m \$)****Güneş Paneli ve Hücresi İthalatı:**

TÜİK dış ticaret verileri incelendiğinde 2017 yılında 2,5 milyar \$’a yaklaşan güneş enerjisi ürünleri ithalatı, 2018 yılına gelindiğinde 345 milyon \$ seviyelerine gerilemiştir. 2017 yılında gözlenen yüksek ithalat tutarı, Türkiye’de o yılda güneş enerjisi kurulu güç artışının yıllık seviyede tarihi zirvesini görmesiyle ilişkilendirilebilir. 2018 yılındaki sert düşüşün en önemli sebebi ise 2017 yılı ortasında uygulanmaya başlanan anti-damping vergileridir. Çinli üreticilere yönelik bu uygulamadan sonra panel ithal edilen ülkelerin daha çok Malezya, Tayland ve Vietnam olduğu görülmektedir.

Grafik 61**Güneş Enerjisi Ürünleri İhracatı (m \$)****Güneş Paneli ve Hücresi İhracatı:**

2017-2019 yılları arasında güneş enerjisi ürünleri ihracatı artmış olsa da tüm senelerde ihracat 170 milyon \$ altında kalmıştır. İhracatın büyük çoğunluğunu güneş panelleri oluşturmaktadır ve 2019 yılından itibaren her sene panel ihracatı, ithalatı geride bırakmıştır. İthalat ve ihracat verileri birlikte incelendiğinde 2017 yılında başlatılan anti-damping uygulamaları sonucunda Türkiye’deki güneş enerjisi ürünleri sektörünün hücre ithal ederek bu hücreleri panele dönüştürme ve ihraç etme yoluna girdiği savunulabilir.

Türkiye’de uygulanan anti-damping uygulaması:

ABD’de Aralık 2012’de AB’de de bir sene sonra Aralık 2013’te yürürlüğe giren anti-damping vergilerine benzer bir uygulama, Türkiye’de Nisan 2017’de devreye girmiştir. Kilogram başına 25 \$ şeklinde ek vergi ithal güneş panellerine uygulanmaya başlandı. Bu hamle yerli güneş paneli üretimini destekleme amacı gütsen de 2017 ve 2018 yıllarında gözlenen yüksek GES kurulu güç artışlarında kullanılan panellerde ithal ürünler kullanılmasını engelleyememiştir. Daha sonraki senelerde Türk panel üreticileri yıllık kapasitelerini artırarak yurtiçindeki talebi karşılamış ve ihracat potansiyeli kazanmıştır. Buna ek olarak yerli güneş hücresi üretim kapasitesinin kazanılması güneş enerjisi kurulu gücünün artışını sürdürülebilirliği bakımından büyük önem arz etmektedir.

¹TÜİK’in açıkladığı 2021 yılı ithalat ve ihracat verileri Eylül ayına kadar olan bilgiyi içermektedir.

Küresel ve yerel gelişmeler ve beklentiler güneş enerjisi sektörünün hızlı bir şekilde büyümeye devam edeceğini göstermektedir.

Strengths (Güçlü Yönler)	Weaknesses (Zayıf Yönler)
<p>Opportunities (Fırsatlar)</p> <ul style="list-style-type: none"> ABD ve AB gibi büyük marketlerde Çin gibi mega üreticilere uygulanan ekonomik yaptırımlar, sınırda karbon vergisi gibi devreye girecek uygulamalar Paris Anlaşması ve Avrupa Yeşil Mutabakatı ile yenilenebilir kaynaklara yönelik artan talep ve bu talebi karşılamak için güneş enerjisinin önemli alternatif olması COVID-19 pandemisinden dolayı tedarik zincirlerinin kısaltılmaya ve yalınlaştırılmaya çalışılması, Türkiye'nin Avrupa'ya coğrafi yakınlığı ve uzun süreli ticaret partneri olması Elektrikli araçların artmasıyla beraber elektrik talebinin büyük oranda artacak olması ve şarj istasyonlarının ek olarak batarya depolama ile birlikte güneş enerjisi üretim tesisleri haline gelecek olması Türkiye'de potansiyeli en yüksek oranda kullanılmış yenilenebilir enerji türü olan hidroelektriğin gelecekte ilk tercih olmayacağı ve hibrit yönetmeliği ile eklenecek kapasitenin çoğunlukla güneş enerjisinden karşılanması 	<p>Threats (Tehditler)</p> <ul style="list-style-type: none"> Büyük FV üreticilerinin Çin'de toplanmış olması, coğrafi yakınlıktan dolayı üretim sinerjilerinin artması ve ölçek ekonomisinden maksimum faydalanılması Çin'in güneş enerjisi ve FV üretim sektörlerine devlet kaynakları ile tam destek vermesi 2021 yılında görülen polisilikon hammadde fiyat artışı ve ileride oluşabilecek hammadde kaynaklı artabilecek maliyetler COVID-19 global pandemisi sebebiyle yaşanabilecek olası tedarik zinciri aksamaları ve üretimde oluşabilecek gecikmeler

Güneş enerjisi santrali yatırımlarında özkaynak ile finansmana ek olarak finansal kuruluşlar, EPC şirketleri tarafından sağlanan çeşitli finansman alternatiflerine ek olarak Türkiye'deki bakanlıklar tarafından sağlanan hibe programları bulunmaktadır.



Banka Kredisi

5 MW ve altı kapasiteye sahip ve satın alım fiyatı garantisinden faydalanabilecek lisanssız GES'ler ile işletmelerin öz tüketim ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla kurulacak çatı GES yatırımlarına Türkiye'deki bankalar tarafından 1-2 yıl geri ödemesiz olmak üzere toplam 10 yıla kadar vade ile finansman sağlanmaktadır. Banka kredileri;

- ✓ Özkaynak ihtiyacının azaltılmasına,
- ✓ Onay sürecinin, proje finansmanı veya yurtdışı kaynaklı kredi kullanımına göre daha hızlı sonuçlanmasına,
- ✓ Anapara ve faiz ödemelerinin Türk Lirası veya yabancı para cinsinden ödenebilmesi avantajlarını sağlamaktadır.



Leasing

Türkiye'de çeşitli finansal kiralama kuruluşları EPC şirketleri ile geliştirdikleri iş birlikleri yoluyla, lisanssız GES ve çatı GES proje yatırımcılarına leasing çözümleri sunmaktadır. Leasing ile yatırımcılar güneş panellerinden elektrik ihtiyaçlarını karşılarken, elektrik faturası yerine leasing taksitlerini ödeyerek kendi elektrik üretim santraline sahip olma imkanı bulmaktadır. Leasing yoluyla;

- ✓ Yatırım maliyetinin %100'e yakın oranlarda finansmanı,
- ✓ Yatırım sürecinin hızlı tamamlanması,
- ✓ %1 KDV oranı ile maliyet avantajı erişimi anlamında fırsat sunmaktadır



TurSEFF

Türkiye Sürdürülebilir Enerji Finansman Programı (TurSEFF), enerji ve kaynak verimliliğinin desteklenmesi amacıyla EBRD tarafından geliştirilen bir programdır. TurSEFF programı kapsamında; belediye ve diğer kamu kurumları, endüstriyel veya ticari işletmeler ile büyük ölçekli şirketler tarafından yapılacak çatı GES yatırımlarına finansman sağlamaktadır. En son duyurulan TurSEFF projesi, Gaziantep'te toplam 27 MW kapasitede ve belediye faaliyetlerinde kullanılmak üzere 5 GES'in finansmanı için 10 yıllık 10 m €'luk kredi ve 7 m €'luk hibe sağlanmasını içermektedir.

11 yıl
faaliyet süresi

2248
finanse edilen
proje

719 m €
sağlanan
finansman



Yap-İşlet-Devret (YİD)

YİD modelinde GES kurulumuna ilişkin maliyetler yatırımcı yerine EPC şirketi tarafından karşılanmaktadır. Santrali belli bir süre EPC şirketi tarafından işletilmesinden ve faydaların EPC şirketine yönlendirilmesinden sonra sahiplik hakkı tekrar yatırımcıya devredilmektedir. YİD modeliyle (i) santrale ilişkin finansal ve operasyonel risklerin devredilirken, (ii) işletilebilir nitelikte ve ek teminata gereksinim duyulmaksızın nakit akımlarına göre projeye finansman sağlanabilmektedir.



Hibeler

Türkiye'de bakanlıklar tarafından desteklenen elektrik enerjisinin yenilenebilir kaynaklardan sağlanması amacıyla çeşitli programlar bulunmaktadır. Bu kapsamda;

- Tarım Bakanlığı KKYDP kapsamında proje bedelinin 3 milyon TL'ye kadar olan kısmı için %50,
- Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığına ait TKDK, IPARD programı kapsamında 5 MW kapasiteye kadar yenilenebilir enerji yatırımlarına %55-65 oranında hibe desteği sağlamaktadır.



Ekler



Kısaltmalar

Tanım	Açıklama
° C	Santigrat Derece
%	Yüzde
\$	Amerikan Doları
€	Euro
AB / EU	Avrupa Birliği
AOSM	Ağırlıklı Ortalama Sermaye Maliyeti
BIST	Borsa İstanbul
BM	Birleşmiş Milletler
BOTAŞ	Boru Hatları İle Petrol Taşıma A.Ş.
BP	British Petroleum
Co ₂	Karbondiyoksit
COP-26	Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Konferansı
Covid-19	Covid-19 Pandemisi
EPC	Mühendislik, Tedarik ve İnşaat
EPDK	Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu
ESG	Çevresel, Sosyal ve Kurumsal Yönetişim
ETS	Emisyon Ticaret Sistemi
EÜAŞ	Elektrik Üretim A.Ş.
GES	Güneş Enerjisi Santrali
GJ	Gigajul
GW	Gigawatt
GWh	Gigawatt Saat
HES	Hidroelektrik Enerjisi Santrali
HZ	Hertz
IEA	Uluslararası Enerji Ajansı
IPP	Bağımsız Enerji Üreticisi
IRENA	Uluslararası Yenilenebilir Enerji Ajansı
kcal	Kilokalori
km	Kilometre

Kısaltmalar

Tanım	Açıklama
kW	Kilowatt
kWh	Kilowatt Saat
LCOE	Sevyeleştirilmiş Elektrik Maliyeti
LPG	Likit Petrol Gazı
m	milyon
MSCI	Morgan Stanley Capital International Endeksi
MW	Megawatt
MWh	Megawatt Saat
NREL	Ulusal Yenilenebilir Enerji Laboratuvarı
OECD	İktisadi ve İşbirliği Geliştirme Teşkilatı
OPEC	Petrol İhraç Eden Ülkeler Örgütü
OTC	Tezgah Üstü Piyasalar
PPA	Enerji Satın Alma Anlaşması
PwC	PricewaterhouseCoopers
RES	Rüzgar Enerjisi Santrali
SKA	Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları
TCMB	Türkiye Cumhuriyeti Merkez Bankası
TEİAŞ	Türkiye Elektrik İletim A.Ş.
TJ	Terajul
TL	Türk Lirası
TÜİK	Türkiye İstatistik Kurumu
TW	Terawatt
TWh	Terawatt Saat
W	Watt
YBBO	Yıllık Bileşik Büyüme Oranı
YEK	Yenilenebilir Enerji Kaynağı
YEKA	Yenilenebilir Enerji Kaynak Alanları
YEKDEM	Yenilenebilir Enerji Kaynakları Destekleme Mekanizması
YİD	Yap İşlet Devret Modeli

Teşekkürler

