



**Türkiye’de kullanılan elektriğin
%50’den fazlası yenilenebilir
kaynaklardan sağlanabilir:**

Rüzgâr ve güneş enerjisi yatırımlarının
sistem odaklı yerleştirilmesi

SHURA Enerji Dönüşümü Merkezi Hakkında

European Climate Foundation (ECF), Agora Energiewende ve Sabancı Üniversitesi bünyesindeki İstanbul Politika Merkezi (İPM) ortaklığında kurulan SHURA Enerji Dönüşümü Merkezi, yenilikçi bir enerji dönüşüm platformu olarak enerji sektörünün karbonsuzlaşmasına katkıda bulunmayı hedefler. Aynı zamanda Türkiye'deki enerji sektörünün politik, teknolojik ve ekonomik yönleri üzerine yapılan tartışmalarda sürdürülebilir ve genel kabul görmüş bir ortak zemine olan ihtiyacı karşılamayı amaçlar. SHURA, gerçeklere dayalı analizler ve en güncel veriler ışığında, enerji verimliliği ve yenilenebilir enerji üzerinden düşük karbonlu bir enerji sistemine geçişi desteklemeyi odağına alır. Farklı paydaşların bakış açılarını göz önünde bulundurarak, bu geçişin ekonomik potansiyeli, teknik fizibilitesi ve ilgili politika araçlarına yönelik bir anlayışın oluşturulmasına yardımcı olur.

Yazarlar

Değer Saygın (SHURA Enerji Dönüşümü Merkezi), Philipp Godron (Agora Energiewende), Erkut Cebeci ve Osman Bülent Tör (EPRA Elektrik Enerji)

Teşekkürler

SHURA Enerji Dönüşümü Merkezi Yürütme Kurulu, Ceren Ayas (ECF), Selahattin Hakman ve Ümit Şahin (IPC) çalışmaya çok değerli incelemeleri sonrasında geri bildirim sağlamıştır. Megan Gisclon belgenin düzenlemesini gerçekleştirmiştir.

SHURA Enerji Dönüşümü Merkezi, ECF'in sağladığı cömert finansmana müteşekkirdir.

Bu rapor, www.shura.org.tr sitesinden indirilebilir.

Daha detaylı bilgi almak veya geri bildirimde bulunmak için lütfen info@shura.org.tr adresinden SHURA ekibiyle iletişime geçiniz.

Tasarım

Tasarımhane Tanıtım Ltd. Şti.

Basım

Printworld Matbaa San. Tic. A.Ş.

Telif Hakkı © 2018 Sabancı Üniversitesi

ISBN 978-605-2095-34-8

Feragatname

Bu raporda ortaya koyulan yorumlar ve çıkarımlar yalnızca yazarlara aittir ve SHURA'nın resmi görüşünü yansıtmamaktadır.

**Türkiye'de kullanılan elektriğin
%50'den fazlası yenilenebilir
kaynaklardan sağlanabilir:**

Rüzgâr ve güneş enerjisi yatırımlarının
sistem odaklı yerleştirilmesi





İÇİNDEKİLER

| | |
|---|----|
| Şekil Listesi | 3 |
| Kısaltmalar | 3 |
| Temel Bulgular | 4 |
| 1. Giriş | 7 |
| 2. Yenilenebilir kaynakların enerji üretiminde daha yüksek pay alması açısından sistem odaklı bir stratejinin faydaları | 9 |
| 3. Sistem odaklı stratejinin uygulanması ile ilgili zorluklar | 16 |
| 4. Tavsiyeler | 19 |
| Referanslar | 20 |

ŞEKİL LİSTESİ

| | |
|--|----|
| Şekil 1: 2016-2026 yılları arasında yıllık iletim şebekesi yatırımlarının ve tüm senaryolar için kesinti ve YAL/YAT talimatlarının karşılaştırılması | 8 |
| Şekil 2: Üç Kat Senaryosu'nda kurulu güneş ve rüzgâr gücünün konumundaki değişiklikler, 2026 | 10 |
| Şekil 3: Üç Kat Senaryosu'na göre kaynak odaklı ve sistem odaklı stratejilerde rüzgâr ve güneş kurulu gücünün tahsisi, 2026 | 10 |
| Şekil 4: Üç Kat Senaryosu'nda, bölgelere göre rüzgâr ve güneş enerjisinden üretilen elektriğin talebe oranı, 2026 | 11 |
| Şekil 5: Üç Kat Senaryosu'ndaki güneş ve rüzgâr kurulu gücündeki yatırımların kaynak ve sistem odaklı stratejilere göre dağılımları, 2026 | 12 |
| Şekil 6: Sistem odaklı stratejinin elektrik üretim maliyetleri üzerindeki etkisi, 2026 | 13 |
| Şekil 7: Üç Kat Senaryosu'nda kaynak odaklı ve sistem odaklı stratejilerin toplam iletim şebekesi yatırım ihtiyaçları açısından karşılaştırılması, 2026 | 14 |
| Şekil 8: Üç Kat Senaryosu'nda, esneklik seçenekleri ve sistem odaklı stratejinin YAL/YAT emirleri, yenilenebilir kaynaklardan kesinti ve iletim şebekesi yatırımları açısından faydaları, 2026 | 15 |

KISALTMALAR

| | |
|---------|--|
| EUR | Euro |
| GW | gigavat |
| km | kilometre |
| kW | kilovat |
| MW | megavat |
| TEİAŞ | Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi |
| USD | Amerikan Doları |
| YAL/YAT | yük al/yük at |
| YEKA | Yenilenebilir Enerji Kaynak Alanı |
| YEKDEM | Yenilenebilir Enerji Kaynakları Destekleme Mekanizması |

- SHURA'nın kısa süre önce yayımladığı şebeke çalışmasına göre, Türkiye 2017 yılı sonundaki toplam 10 gigavatlık (GW) rüzgâr ve güneş enerjisi kurulu gücünü 2026 yılına kadar toplamda 40 GW'a yükselterek, bu iki yenilenebilir enerji kaynağından toplam elektrik talebinin %20'sini karşılayabilir. Bu potansiyel, elektrik sistemi işletimini zorlamaksızın gerçekleştirilebilir. Bu kurulu gücü sisteme entegre etmek için hâlihazırda planlananlar haricinde ilave iletim şebekesi yatırımına ihtiyaç olmayacaktır.
- Büyük rüzgâr ve güneş kaynaklarına sahip olan Türkiye'nin elektrik sistemi, bundan daha fazla yenilenebilir enerjiyi de entegre edebilme potansiyeline sahiptir. Aynı çalışma, Türkiye'nin toplam elektrik tüketiminin %30'unu sağlayabilecek 60 GW rüzgâr ve güneş enerjisini de entegre edebileceğini göstermektedir. Hidroelektrik, jeotermal ve diğer yenilenebilir enerji kaynakları dâhil olmak üzere, bu gelişme, yenilenebilir enerji kaynaklarının toplam elektrik tüketimindeki payını %50 seviyesinden daha yukarı getirecektir. Elektrik sistemi esnekliğinin artırılması ve rüzgâr ve güneş kurulu gücünün sistem üzerindeki etkileri dikkate alınarak konumlandırılması bunu kolaylaştıracaktır.
- 60 GW rüzgâr ve güneş enerjisi kurulu gücünün sisteme entegrasyonunun gerçekleştirilmesi, yatırımları önemli ölçüde artırmayı gerektirecektir. Bu kapasiteye erişmek için 2018'den 2026'ya kadar sisteme yıllık olarak 2,6 GW rüzgâr ve 3 GW güneş kurulu gücünün eklenmesi gerekir. Bunun ortalama yatırım hacmi yılda 4,7 ila 6,3 milyar Euro arasında olacaktır.
- Kaynakların en iyi olduğu yerlere yatırım yapılmasının tercih edilmesine kıyasla, sistem odaklı yaklaşımda 2026'ya kadar gerçekleştirilecek 60 GW rüzgâr ve güneş enerjisi kurulu gücünün dörtte biri şebekenin daha güçlü ve elektriğe olan talebin yüksek olduğu alanlara taşınacaktır. Bu değişim, rüzgâr kaynakları ve talebin yüksek olduğu bölgeler büyük ölçüde orantılı olduğundan (her ikisi de Türkiye'nin Batı ve Kuzeybatı bölgelerinde en yüksektir), ağırlıklı olarak güneş kurulu gücünü (10 GW kadar bir toplam) etkilemektedir. Güneş enerjisi kurulu gücünün bir kısmı, Orta Anadolu ve Batı Akdeniz'den Türkiye'nin geri kalanına yeniden dağıtılacaktır. Yaklaşık 5 GW kadar rüzgâr enerjisi kurulu gücü ise ülkenin kuzey ve doğu bölgelerinde yeniden tahsis edilecektir.
- Daha az kaynak yoğunluğu olan alanlara yeniden tahsis yapılması durumu, güneş ve rüzgâr gücünden üretilen toplam elektrik miktarının üzerinde göz ardı edilebilir bir etkiye sahiptir. Kapasite kullanım oranlarında %3 ila %5 arasında bir düşüş yaşanacağı hesaplanmıştır. Bu kapasiteye yatırım yapan yatırımcının bakış açısına göre, üretimdeki azalma daha fazla olacaktır: sadece yeniden dağıtılan kurulu güce bakıldığında, kaynağın nispeten daha az olduğu yerlerde yapılan elektrik üretimindeki düşüş güneş enerjisinde %10'a kadar bir seviyeye denk gelebilir. Bu durum, bu güneş enerjisi santrallerinden üretilen elektrik maliyetini ortalama %12 artıracaktır. Rüzgâr enerjisi için maliyet artışı yaklaşık %4 olup, güneş enerjisine kıyasla daha düşüktür. Bununla birlikte, uygun teşvikler yürürlüğe konulursa yatırımcılar, yatırımlarını kısmen daha az elektrik üretimine rağmen daha sistem odaklı yapabileceklerdir.
- Sistem odaklı stratejinin faydalarının maliyetlerinden daha yüksek olabileceği hesaplanmıştır. Enerji santrallerinin sadece en iyi güneş ve rüzgâr kaynaklarına sahip bölgelere konumlandırıldığı duruma kıyasla, iletim şebekelerinde ve trafo merkezlerindeki ilave kapasite ihtiyacının %6 oranında azalacağı hesaplanmıştır.
- Sistem odaklı bir stratejinin uygulanması -ki bu da aynı zamanda güneş ve rüzgâr enerjisinden üretilen elektrikteki değişkenliğin belli bir dereceye kadar dengelenmesini sağlayacaktır- güneş ve rüzgârdan üretilen elektriğin kesintilerini neredeyse ortadan kaldıracak ve aksi bir durumda güvenli ve güvenilir şebeke faaliyetini garanti altına almak için gerekli olan toplam yük al/yük at (YAL/YAT)

talimatlarını dörtte bir oranında azaltacaktır. Sistem operatörünün işleme müdahale ihtiyacını daha da azaltmak için, sistem odaklı strateji diğer sistem esnekliğini artıracak önlemler ile tamamlanmalıdır. Bu önlemler arasında; batarya depolama, pompajlı depolama hidroelektrik santraller, talep taraflı katılım ve daha esnek ve modernize edilmiş termal elektrik santralleri sayılabilir.

- Yenilenebilir enerjide daha yüksek paya sahip olmak, Türkiye'nin kaynak potansiyelini kullanmak ve halkın refahını iyileştirmek yolunda sosyal ve ekonomik faydaları somutlaştırmak için, karar vericilerin göz önünde bulundurması amacıyla bu çalışmadan aşağıdaki öneriler çıkmaktadır:
 - o Kaynak açısından zengin alanlara yatırımları sınırlamaksızın, dengeli bir yenilenebilir enerji piyasası yaratan düzenleyici çerçeve geliştirmek
 - o Teknoloji ve lokasyona özgü bir şekilde, sistem dostu bölgelere yatırım yapan yatırımcıları bu yatırımların proje maliyetleri üzerindeki etkilerini göz önünde bulundurarak ödüllendirmek
 - o Çatı tipi güneş enerjisi santralleri gibi güneş ve rüzgâr kurulu gücünün sistem odaklı bir şekilde tahsis edilmesini dolaylı olarak destekleyen yeni düzenleyici çerçeveyi, mevcut politikalarla entegre etmek
 - o Arazi mevcudiyeti, yer seçimi kısıtlamaları, ekonomik faaliyet, yerel değer yaratma ve mevcut şebeke altyapısını göz önünde bulundurarak, Türkiye'nin her bölgesinde yenilenebilir enerji yatırımları planlamak
 - o Kaynak açısından daha az zengin alanlardan bile elektrik üretimini en üst düzeye çıkarabilen ve sistem esnekliğini artıracak seçenekleri içeren bir teknoloji portföyü ile sistem odaklı bir stratejiyi bir araya getirmek. Böylelikle rüzgâr ve güneş enerjisinin sisteme entegrasyonunu kolaylaştırmak, yenilenebilir kaynaklardan üretilen elektriğin kesintisini ve YAL/YAT talimatlarını azaltmak.



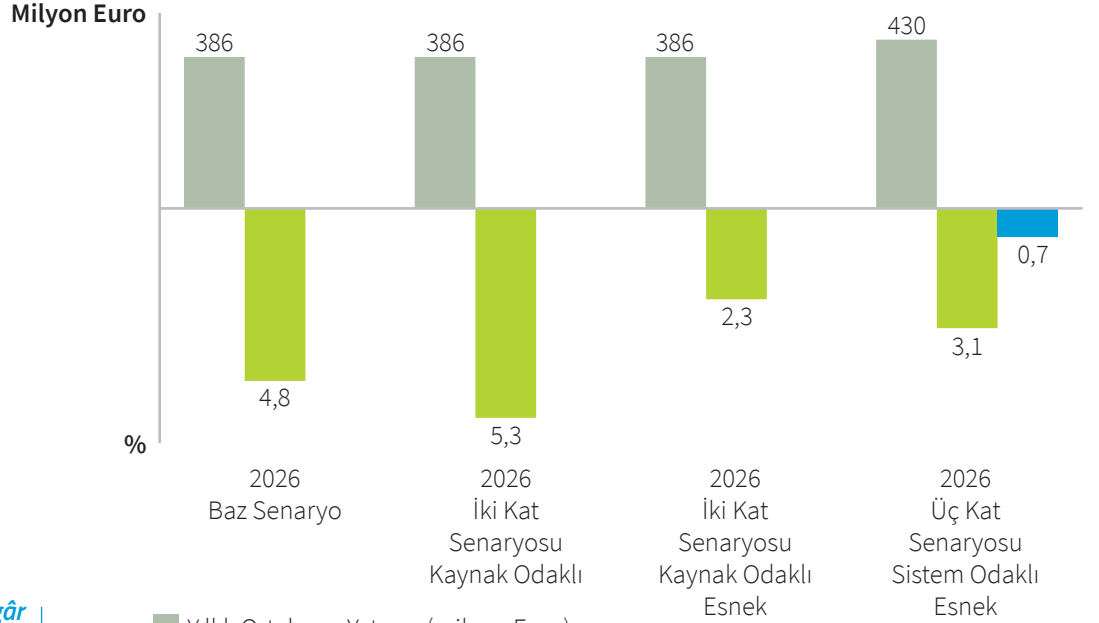
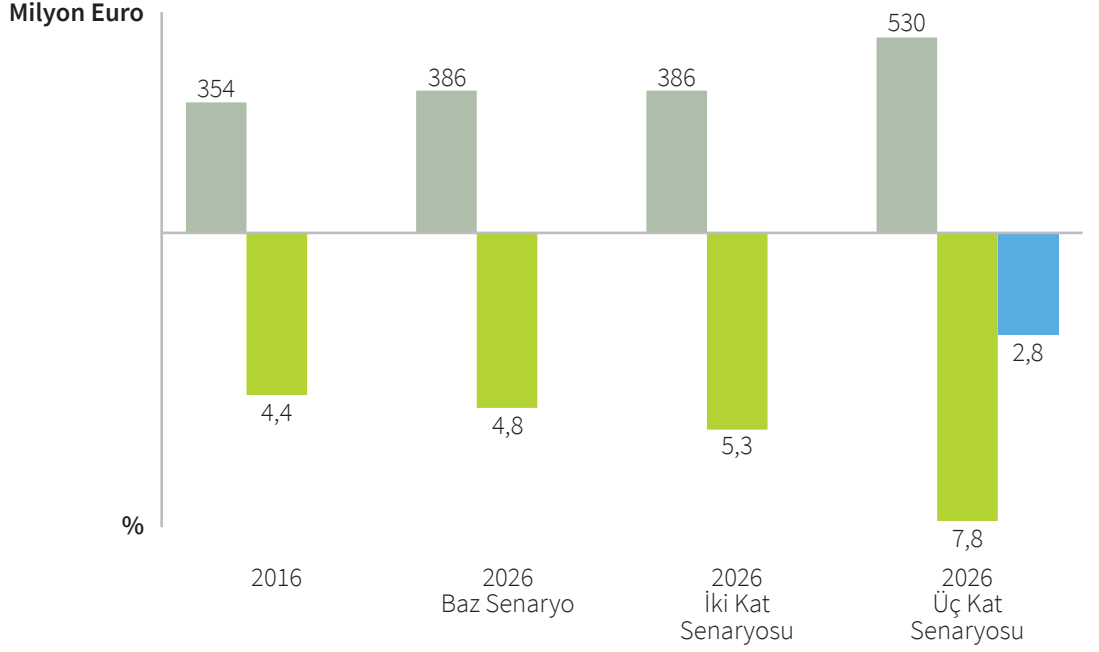
2017 yılında Türkiye, enerji sisteminin dönüşümü açısından yeni bir aşamaya girmiştir. Toplam kurulu elektrik üretim kapasitesi, bir önceki yıla oranla 6,5 GW artarak 2017 yılı sonunda 85 GW'a ulaşmıştır. 2017 yılında, toplam kurulu güç artışının üçte ikisini, çoğu küçük ölçekli güneş enerjisi santrali olmak üzere yenilenebilir kaynaklar oluşturmuştur. Sonuç olarak, toplam güneş ve rüzgâr kurulu gücü 2017 yılı sonunda 10 GW seviyesine ulaşmıştır (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2018a,b).

SHURA'nın kısa bir süre önce yayımladığı "Türkiye'nin Enerji Sisteminde Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Payının Artırılması" başlıklı çalışmada, sistem operatörü Türkiye Elektrik İletim A.Ş. (TEİAŞ) tarafından yapılan planlamalara göre, güneş ve rüzgâr kurulu gücünün 2026 yılına kadar 20 GW'ı aşmayacağı görülmektedir (Baz Senaryo). Bu, Türkiye'nin 2023 hedefi olan 25 GW seviyesinden daha düşük, kaynak potansiyeli ve son yıllarda görülen piyasa gelişmelerinin ise çok altındadır (Godron ve ark., 2018). Aynı çalışmada, iletim sistemi ve sistem işletmeciliğinde yenilenebilir enerji kaynaklarının daha fazla pay sahibi olacağı öngörülen iki alternatif senaryonun etkileri değerlendirilmiştir. Güneş ve rüzgâr kurulu gücünün 2026'da 40 GW'a, yani planlananın iki katına çıkarılmasının etkisini değerlendiren senaryo (İki Kat Senaryosu), TEİAŞ tarafından bugün yapılan şebeke planlamasına ve sistem işletimine olumsuz bir etkide bulunmaksızın, ilave şebeke yatırımları olmadan gerçekleştirilebilir. Eğer sistem entegrasyonu için herhangi bir ön planlama yapılmaz ve Türkiye 2026 yılında toplam 60 GW güneş ve rüzgâr kurulu gücü için yatırım yaparsa (Üç Kat Senaryosu), şebeke yatırımları Baz ve İki Kat senaryolarına kıyasla %40 artacaktır. Bunun yanı sıra, tüm güneş ve rüzgâr enerjisinden üretilen toplam elektriğin %3'üne denk gelen bir miktarın kesilmesi gerekecek ve YAL/YAT talimatları 2016 seviyesine oranla iki kat artacaktır.

Toplam elektrik üretiminde %50'den fazla yenilenebilir enerji payına sahip bir sistem tesis etmek için, bu zorlukların hafifletilmesi adına planlamanın bugün başlaması gerekmektedir. Elektrik sisteminin esnekliğinin artırılması gerekmekte ve rüzgâr ve güneş kurulu gücünün tahsis edileceği bölgeler ile ilgili daha dengeli bir yaklaşıma ihtiyaç duyulmaktadır - örneğin, sadece kaynak açısından zengin değil (kaynak odaklı strateji), aynı zamanda yerel talebin yoğun olduğu ve şebeke kapasitesi güçlü olan bölgeler seçilmelidir (sistem odaklı strateji)¹ (bkz Şekil 1).

¹ Bu çalışmada, rüzgâr ve güneş kurulu gücünün Türkiye coğrafyası üzerinde konumlandırılması için stratejiler tanımlayan iki terminoloji kullanılmıştır: Kaynak kalitesine, yerel talebe ve şebekenin gücüne bağlı olarak rüzgâr ve güneş kurulu gücünün tahsis edilmesi anlamına gelen "sistem odaklı" ve sadece kaynak kalitesi göz önünde bulundurularak yapılan kapasite tahsisi "kaynak odaklı".

Şekil 1: 2016-2026 yılları arasında yıllık iletim şebekesi yatırımlarının ve tüm senaryolar için kesinti ve YAL/YAT talimatlarının karşılaştırılması



- Yıllık Ortalama Yatırım (milyon Euro)
- YAL/YAT talimatı (yıllık ihtiyaç yüzdesi)
- Rüzgâr ve Güneş Enerjisi Kesintisi (üretim yüzdesi)

Güneş ve rüzgâr enerjisi kurulu gücünün sistem odaklı strateji doğrultusunda bölgelere dağıtımı ile desteklenen daha esnek bir elektrik sistemi birçok fayda sağlayacaktır: İlave iletim şebekesi yatırımlarında yılda 100 milyon Euro tasarruf ve yenilenebilir enerjiden üretilen elektriğin kesintisi ve YAL/YAT talimatlarında azalma.

Bu çalışma, SHURA'nın "Türkiye'nin toplam elektriğinin %50'sinden fazlasının yenilenebilir kaynaklardan sağlanması" üzerine hazırlamakta olduğu bir dizi rapordan biridir. Rüzgâr ve güneş enerjisi kurulu gücünün sisteme uygun bir şekilde tahsis edilmesinin faydaları hakkında ayrıntılı bilgi veren bu çalışma, ayrıca bunun, sağlanacak faydalar, yatırımlar, sistem maliyetler ve uygulama zorlukları açısından sonuçlarını değerlendirmektedir. Rapor, karar vericiler, özel sektör ve sivil toplumun göz önünde bulundurması için hazırlanmış kısa önerilerle sona ermektedir.

2. Yenilenebilir kaynakların enerji üretiminde daha yüksek pay alması açısından sistem odaklı bir stratejinin faydaları

Bölgelere göre güneş ve rüzgâr enerjisi kurulu gücü ve elektrik üretimleriyle ilgili değişiklikler

Yapılan analiz sonuçlarına göre, sistem odaklı bir strateji izlendiğinde, toplam 15 GW rüzgâr ve güneş enerjisi kurulu gücünün yüksek elektrik talebi ve daha güçlü şebeke kapasitesi olan bölgelere doğru yer değiştirdiği hesaplanmıştır.² Bu, 2026 yılında Üç Kat Senaryosu'nda öngörülen toplam 60 GW rüzgâr ve güneş enerjisi kurulu gücünün dörtte birine eşittir (Şekil 2).³

Şekil 3 Türkiye'deki bölgeler arasındaki kurulu güç değişikliklerine genel bir bakış sağlar. Orta Anadolu ve Batı Akdeniz bölgelerindeki toplam kurulu güç düşerken ve bu bölgeler bu değişikliklerden en fazla etkilenirken, Kuzeybatı Anadolu ve Orta Karadeniz bölgelerinde rüzgâr ve güneş enerjisi kurulu gücü artmaktadır. Bölgesel ölçekte görünür olmayan, ancak göz önünde bulundurulması gereken nokta, bölgeler içerisindeki rüzgâr ve güneş kurulu gücünün önemli ölçüde yeniden dağılımıdır. Yeniden dağılan bu kısmın haritada görülmemesinin nedeni, bu değişimin özellikle 154 kilovolt (kV) şebeke sistemindeki trafo seviyesinde gerçekleşmesidir.

En iyi rüzgâr kaynakları, mevcut durumda elektrik talebinin yüksek olduğu ve iletim şebekesinin güçlü olduğu yerlere yakındır. Bu nedenle, sistem odaklı bir stratejide yeniden yerleştirilecek rüzgâr kurulu gücü nispeten daha azdır. Toplam 30 GW'lık rüzgâr santrali kurulu gücünden, büyük bölümü Türkiye'nin batı bölgelerinden (Batı Anadolu'dan 3,5 GW ve Trakya'dan 1 GW) olmak üzere sadece yaklaşık 5,1 GW'ı yeniden konumlandırılacaktır. Bu rüzgâr enerjisi kurulu gücü, Orta ve Doğu Anadolu bölgelerinin bir kısmında mevcut olan, talebin yüksek olduğu ve daha fazla rüzgâr kurulu gücü entegre edebilecek şebekelerin bulunduğu alanlara kaydırılmaktadır.

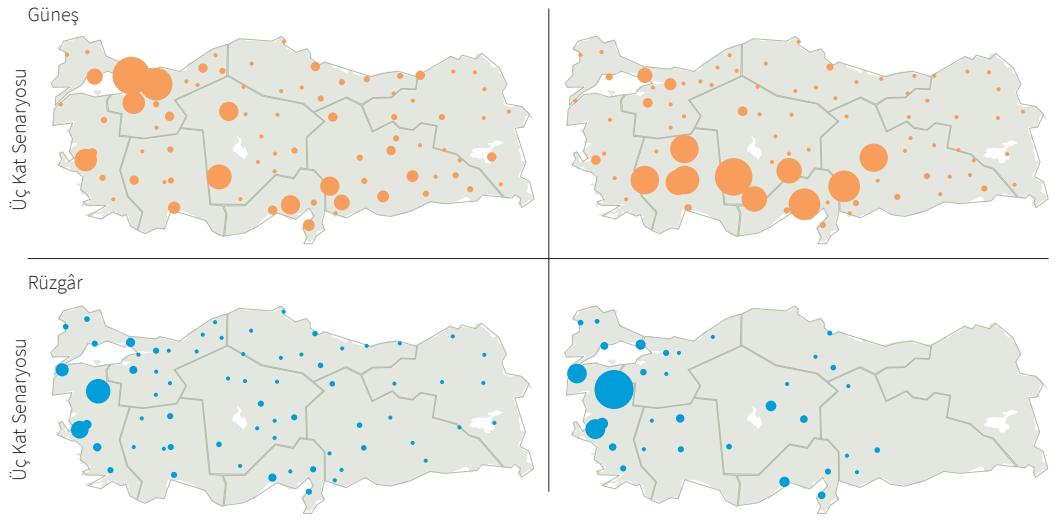
Güneş enerjisindeki değişim daha belirgindir. Toplamda 10 GW kurulu güç yeniden konumlandırılacaktır. Türkiye'nin güney bölgeleri, güneş enerjisi santrali yatırımları için en yüksek verimi sağlayan, çok iyi güneş kaynaklarına sahiptir. Batı Akdeniz Bölgesi ve Orta Anadolu'nun bazı kesimlerinde üretilen elektrik için yüksek talep mevcuttur. Ancak benzer bir talep seviyesi, Türkiye'nin güney bölgelerinin çoğunda nüfus yoğunluğu ve endüstriyel faaliyetlerin nispeten düşük olması nedeniyle söz konusu değildir. Bu nedenle bu bölgelerde iletim şebekesi nispeten zayıftır. Sistem odaklı strateji kapsamında, yaklaşık 10 GW –Üç Kat Senaryosu'na göre Türkiye'nin 2026'daki güneş enerjisi kurulu gücünün üçte biri– Kuzeybatı Anadolu'ya (3,4 GW), Trakya'ya (1,6 GW), Batı Anadolu'ya (1,6 GW), Orta Karadeniz'e (1,6 GW) ve Doğu Anadolu'ya (1,5 GW) yeniden konumlandırılacaktır. Bunu karşılamak için Orta Anadolu ve Batı Akdeniz'deki kurulu güç, kabaca eşit miktarlarda azalmaktadır.

² Bölgeler arasında yeniden konumlandırılan 15 GW'lık kurulu güç, 9,9 GW güneş ve 5,1 GW rüzgâr olarak ikiye ayrılmaktadır. Bunun haricinde bölgelerin içinde gerçekleşen güneş enerjisiyle ilgili 1 GW büyüklüğünde yeniden konumlanan ilave bir kurulu güç vardır.

³ Fiziksel olarak uygun olmayan araziler (hâlihazırda kullanılan, nüfusun yoğun olduğu, engebeli araziler gibi) çıkarıldıktan sonra, senaryoda hedeflenen kurulu güç, şebekeye iki farklı yöntemle dağıtılır: (i) kurulu gücün yalnızca kaynağın bol olduğu alanlara yerleştirilmesine odaklanarak sadece kapasite faktörlerinin göz önünde bulundurulması (kaynak odaklı) ve (ii) kurulu gücün bir kısmının daha az kapasite kullanım oranına sahip, ancak talebin yüksek olduğu alanlara sistem yükü ve yenilenebilir enerji kurulu gücü birlikte dikkate alınarak yerleştirilmesi (sistem odaklı). Pratikte, iletim sistemi operatörü tarafından, belirli bölgelerde bağlantı kapasite sınırlamaları nedeniyle sistem odaklı yaklaşım hâlihazırda uygulanmaktadır.

Sistem odaklı bir strateji baz alınarak, toplam güneş ve rüzgâr enerjisi kurulu gücünün yaklaşık 15 GW'ı, elektrik talebinin yüksek ve iletim şebekelerinin güçlü olduğu bölgelere kaydırılacaktır.

Şekil 2: Üç Kat Senaryosu'nda kurulu güneş ve rüzgâr gücünün konumundaki değişiklikler, 2026



Sistem Odaklı

Kaynak Odaklı

Kurulu Güç (MW)

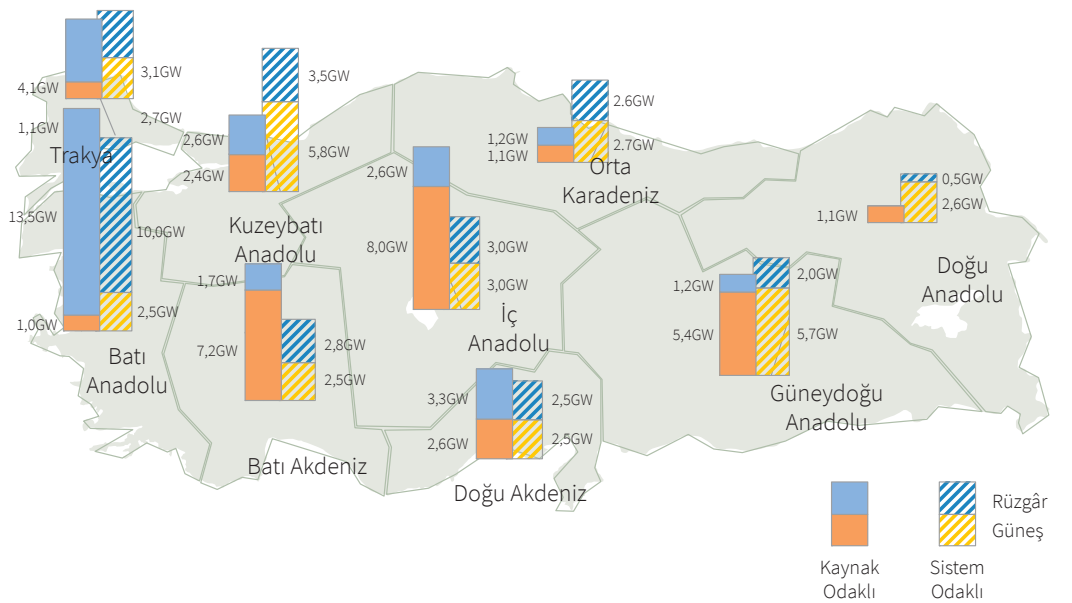
Kurulu Güç (MW)

- < 200
- 601-800
- 1201-1400
- 1801-2000
- 2201< 2400

- < 400
- 1601-3200
- 3201-4800
- 4801-6000
- 6001< 6400

Orta Anadolu ve Batı Akdeniz'de rüzgâr ve güneş enerjisi toplam kurulu gücü azalırken, Kuzeybatı Anadolu ve Orta Karadeniz bölgelerinde artış görülmektedir.

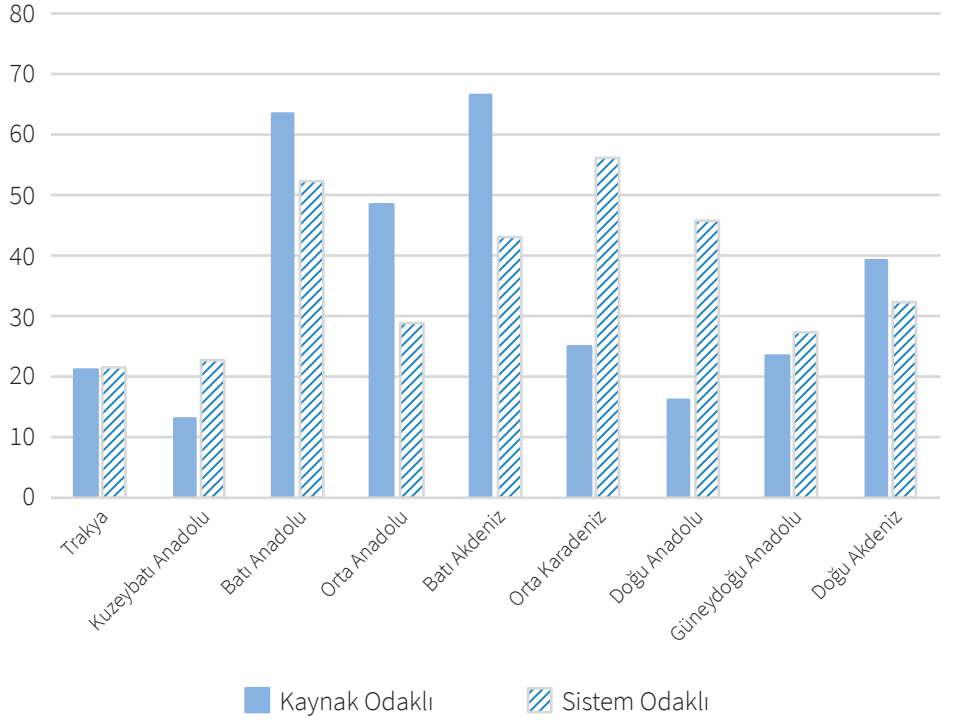
Şekil 3: Üç Kat Senaryosu'na göre kaynak odaklı ve sistem odaklı stratejilerde rüzgâr ve güneş kurulu gücünün tahsisi, 2026



Kaynak odaklı stratejide, güneş ve rüzgâr enerjisi üretimi, Batı Anadolu, Orta Anadolu ve Batı Akdeniz bölgelerinin elektrik ihtiyacının yarısından fazlasını karşılamaktadır (bkz. Şekil 4). Geri kalan bölgelerde, Türkiye genelinde rüzgâr ve güneş enerjisinin toplam payı %24 olup, en düşük olan Kuzeybatı Anadolu'da %13, en yüksek olan Doğu Akdeniz'de ise %38 olarak hesaplanmıştır. Sistem odaklı stratejide rüzgâr ve güneş enerjisi, bölgelerin talep seviyeleri göz önünde bulundurularak dağıtılmıştır. Bölgeler arasındaki rüzgâr ve güneş enerjisinin paylarındaki farklılıkların, sistem odaklı stratejide daha az belirgin olduğu gözlemlenmiş ve bunun daha dengeli bir üretime yol açacağı öngörülmüştür. Özellikle Doğu Anadolu ve Orta Karadeniz bölgelerinde rüzgâr ve güneş enerjisinin payı önemli ölçüde artmaktadır. Bu, toplam bölgesel talebin yarısından fazlasını karşılamakta ve hem güneş hem de rüzgâr üretimindeki artıştan kaynaklanmaktadır.

Şekil 4: Üç Kat Senaryosu'nda, bölgelere göre rüzgâr ve güneş enerjisinden üretilen elektriğin talebe oranı, 2026

Rüzgâr ve güneşin payı (%)



Sistem odaklı strateji sayesinde, rüzgâr ve güneş enerjisinden üretilen elektrik, bölgesel talebin %20'si ile %57'sini karşılayacak şekilde Türkiye'nin coğrafi bölgelerine daha eşit bir şekilde yayılmaktadır.

Güneş ve rüzgâr için yatırım ihtiyaçları ve üretim maliyetlerindeki değişim

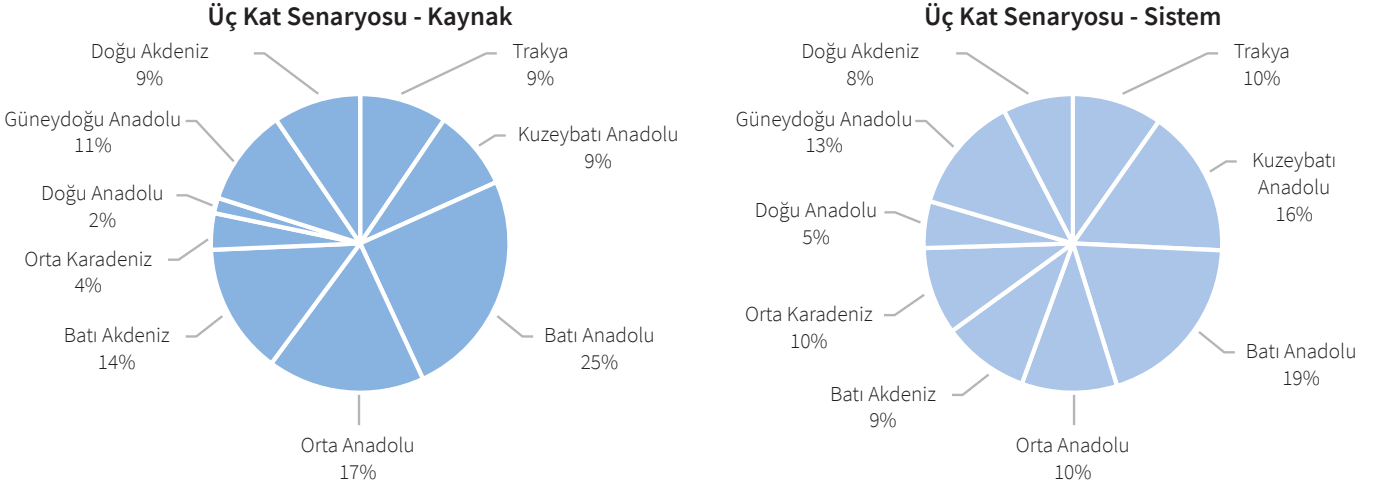
Türkiye'nin 2026 yılına kadar rüzgâr ve güneş kurulu gücünü 60 GW'a ulaştıracak şekilde yatırım yapması durumunda, rüzgâr enerjisi için yılda 2,4-3,0 milyar Euro, güneş enerjisi için de yılda 2,3-3,3 milyar Euro yatırım gerekeceği hesaplanmıştır. Bu, 2017 yılının sonundaki kurulu gücün seviyesine kıyasla altı katlık bir artış anlamına gelmektedir. Hesaplanan yatırım hacmi, rüzgâr ve güneş sermaye maliyetlerinin nasıl farklılık arz edeceğine bağlı olarak değişecektir. Bu çalışmada, güneş enerjisi santrallerinin sermaye maliyetlerinin 2016 yılındaki kilovat (kW) başına 1.000-1.500 Euro'dan 2026 yılına kadar %40-48 aralığında bir azalmayla kW başına 600-780 Euro seviyesine ineceği varsayılmıştır. Rüzgâr için ise aynı dönemler arasında 1.000-1.250 EUR/kW'tan, %12-14 seviyelerinde düşüş yaşayarak 865-1.100 EUR/kW aralığına gerileyeceği varsayılmaktadır. Elektrik santrallerinin mevcut sermaye maliyetleri için verilen bu geniş aralık, farklı projelerdeki çeşitlilikleri yansıtmak amacıyla

öngörülmüştür. 2026 tahminleri, Uluslararası Yenilenebilir Enerji Ajansı'nın (IRENA, 2016) 2015-2025 projeksiyonlarına dayanmakta olup, 2015 ve 2016 yılları arasında dünyada gözlemlenen rüzgâr ve güneş sermaye maliyetlerindeki gelişmeler göz önünde bulundurularak Türkiye'ye uyarlanmıştır.

2018 ile 2026 arasındaki dönem için hesaplanan ortalama yıllık yatırım tutarı olan 4,7-6,3 milyar Euro, 2017 yılında gerçekleşen 3,4 milyar Euro'luk toplam rüzgâr ve güneş enerjisi yatırımlarından en az %40 daha fazladır.⁴

Üç Kat Senaryosu ve kaynak odaklı bir strateji kapsamında, Kuzeybatı Anadolu, Batı Anadolu ve İç Anadolu bölgeleri, tüm güneş ve rüzgâr kurulu gücü yatırımlarının yarısını teşkil edecektir. En düşük yatırım rakamına sahip bölgeler, sırasıyla toplam yatırımın %2'sini ve %4'ünü temsil eden Doğu Anadolu ve Orta Karadeniz bölgeleridir. Sistem odaklı strateji ile bu dağılımın değişeceği görülmüştür. Orta Karadeniz, Doğu Anadolu ve Güneydoğu Anadolu bölgelerinde daha fazla güneş ve rüzgâr kurulu gücü bulunması nedeniyle, Türkiye'deki bu bölgelerin toplam güneş ve rüzgâr gücü yatırımlardaki payı, kaynak odaklı stratejiye kıyasla %17'den %28'e yükselmektedir (bkz. Şekil 5).

Şekil 5: Üç Kat Senaryosu'ndaki güneş ve rüzgâr kurulu gücündeki yatırımların kaynak ve sistem odaklı stratejilere göre dağılımları, 2026



Kuzeybatı, Orta ve Batı Anadolu bölgeleri, Türkiye'de güneş ve rüzgâr kurulu gücüne yapılan yatırımların yaklaşık yarısını almaktadır. Sistem odaklı strateji ile Orta Karadeniz ve Doğu Anadolu bölgelerinin bu yatırımlardaki payları artmaktadır.

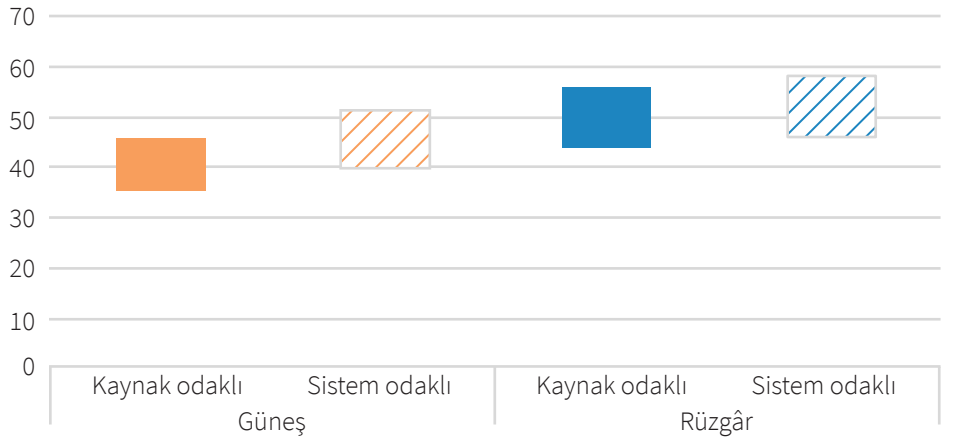
Sistem odaklı strateji kapsamında, daha az kaynağı olan bölgelerde daha fazla kurulu güç kurulduğundan, yeniden konumlandırılan rüzgâr ve güneş enerjisi santrallerinin kapasite kullanım oranları kaynak odaklı strateji ile karşılaştırıldığında azalır. Bu düşüşün toplam rüzgâr ve güneş enerjisi kurulu gücü kapasite kullanım oranı üzerindeki etkisinin ihmal edilebilir olduğu görülmüştür (güneş enerjisi için %21,1'den %20,1'e; rüzgâr enerjisi için ise %28,3'ten %27,6'ya düştüğü görülmektedir). Türkiye'nin tüm coğrafyasında önemli ölçüde güneş ve rüzgâr kaynağı olduğu göz önünde bulundurulduğunda, aslında, bu değişimin rüzgâr ve güneş enerjisinden üretilen elektriğe etkisi, diğer ülkelerle kıyasla çok daha düşüktür. Ancak, sadece yer değiştiren kurulu güç incelendiğinde, kapasite kullanım oranları rüzgâr ve güneş enerjisi için sırasıyla %26,8 (5,1 GW toplam rüzgâr kurulu gücü için) ve %18,7 (9,9 GW toplam güneş kurulu gücü için) seviyesine gerilemektedir.

⁴ 2017 yılında Türkiye'de toplam 5,84 GW lisanslı elektrik üretim kapasitesi kurulmuştur. Bu kapasiteye ilişkin yatırımlar toplamda 6,2 milyar Amerikan dolarına denk gelmektedir. Bu toplamın içerisinde 900 milyon Amerikan doları, sisteme eklenen 746,3 MW rüzgâr kurulu gücü ilavesi ile ilgilidir. (Erkul Kaya, 2018). 2017 yılındaki ortalama paritenin 1,13 USD/Euro olduğu varsayıldığında, bu 800 milyon Euro civarında bir miktara eşittir. 2017 yılında toplam 2.587,5 MW yeni güneş enerjisi kurulu gücü gerçekleştirilmiştir (YEGM, 2018). kW başına ortalama sermaye maliyeti 1.000 Euro olduğu varsayıldığında, toplam ilgili yatırım tutarı 2,6 milyar Euro'dur.

Bu nedenle, sistem odaklı bir strateji, güneş ve rüzgâr enerjisinden üretilen elektriğin maliyetini etkiler. Kaynak odaklı stratejide, enerji santralleri mevcut en iyi kaynaklara sahip alanlara yakın konumlandırılmıştır. Bu, hem mevcut YEKA tasarımına hem de kaynak kalitesi arasında ayırım yapmayan YEKDEM'in mantığına dayanır. Kaynak odaklı stratejiye göre, güneş enerjisi için tahmini elektrik üretim maliyeti, santrallerin varsayılan sermaye maliyetleri doğrultusunda 2026 yılında megavat-saat (MWh) başına 35,3 ile 45,8 Euro arasında değişmektedir. Rüzgâr için bu değer MWh başına 44,0 ile 56,0 Euro arasında değişmekte olup bir nebze daha yüksektir. Sistem odaklı stratejiye göre kapasite kullanım oranlarındaki hesaplanan düşüş, rüzgâr enerjisi için %4, güneş enerjisi için %11'dir. Bu, güneş enerjisinden üretilen elektriğin üretim maliyetlerinde %12 oranında bir artış anlamına gelir, yani üretim maliyetleri MWh başına 39,6-51,5 Euro aralığına yükselir. Rüzgâr enerjisi üzerindeki etki nispeten daha düşüktür: üretim maliyetlerinde %4'lük bir artış, MWh başına 45,9 ile 58,3 Euro aralığına denk gelmektedir (bkz. Şekil 6).⁵ Üretim maliyetlerindeki bu artışa rağmen yatırımcıları bu alanlara yatırım yapmaya motive etmek için, farklılaştırılmış satın alım garantileri gibi teşvikler verilebilir.

Şekil 6: Sistem odaklı stratejinin elektrik üretim maliyetleri üzerindeki etkisi, 2026

Elektrik üretim maliyeti (EUR/MWh)



Üretilen elektrikteki azalmanın, güneş enerjisinden üretilen elektriğin maliyetleri üzerindeki etkisinin %12'lik bir artışa, rüzgâr enerjisi için ise %4'lük bir artışa eşdeğer olacağı hesaplanmıştır.

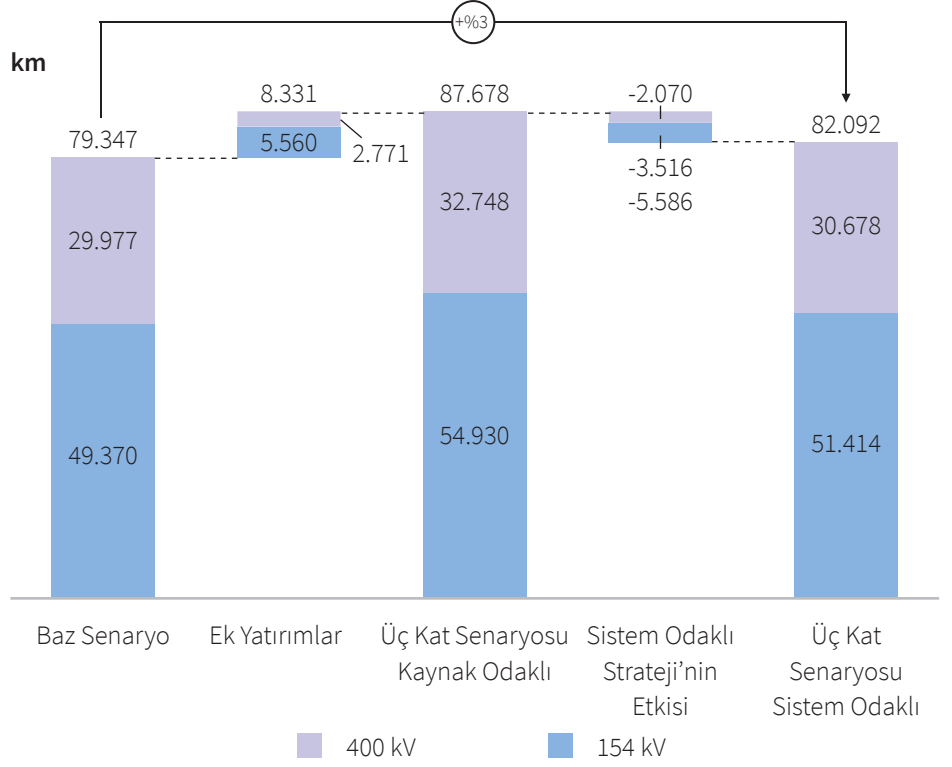
Sistem odaklı stratejinin faydaları

Sistem odaklı stratejinin, başta daha fazla yenilenebilir enerji kaynağının Türkiye elektrik sistemine entegre edilmesi olmak üzere, birçok faydası vardır. Kaynak odaklı stratejide, Üç Kat Senaryosu'na erişebilmek için, iletim şebekesine yapılacak toplam yatırım Baz Senaryo'daki 79.347 km'lik ilave şebeke uzunluğunda %10'luk bir artışa neden olacak, bu da ilave şebeke uzunluğunu 87.678 km'lik bir seviyeye çıkaracaktır. Sistem odaklı strateji ise bu artışı %6 oranında azaltabilir ve ilave şebeke uzunluğunu 82.092 km seviyesinde sınırlandırabilir (bkz. Şekil 7).

⁵ 2026 yılında güneş ve rüzgâr santrallerinin kW başına sermaye maliyetlerinin sırasıyla 600-780 Euro ve 865-1.280 Euro aralıklarında olduğu varsayılmaktadır. Hesaplamalarda, güneş ve rüzgârın işletme ve bakım maliyetlerinin, toplam sermaye maliyetlerinin yıllık sırasıyla %1'i ve %4'ü olduğu varsayılmaktadır. Güneş enerjisi santralleri için 20 yıl ve rüzgâr enerjisi santralleri için de 30 yıl ömür öngörülmektedir. İskonto oranı %7,5 olarak kabul edilmiştir.

Şekil 7: Üç Kat Senaryosu'nda kaynak odaklı ve sistem odaklı stratejilerin toplam iletim şebekesi yatırım ihtiyaçları açısından karşılaştırılması, 2026

Sistem odaklı strateji, iletim şebekesine ilave yatırım ihtiyacını, yaklaşık %6 oranında, toplam 5.586 km azaltacaktır.



İlave şebeke uzunluğunun azalmasının temel nedeni, güneş ve rüzgâr enerjisinden elektrik üretiminin talebe yakın yerde gerçekleşmesidir. Ayrıca iletim sisteminde çok fazla yük akışından dolayı meydana gelen kısıtlar, daha düşük maliyetli üretim bölgeleri yerine talebe yakın olan ama biraz daha yüksek maliyetli yerlerde üretim yapan rüzgâr ve güneş enerjisi santralleri sayesinde azalmaktadır. Eğer sistem odaklı strateji uygulanmasaydı, yeni iletim hatları inşa edilmesi gerekecek veya termik santrallere uygulanan YAL/YAT emirlerinde artış olacaktı. Ayrıca talebin daha yüksek olduğu yerlerde ihtiyaç fazlası güneş ve rüzgâr enerjisinden üretilen elektrik de tüketilerek, maliyetleri artıracak kesinti ihtiyacı da azalmaktadır.

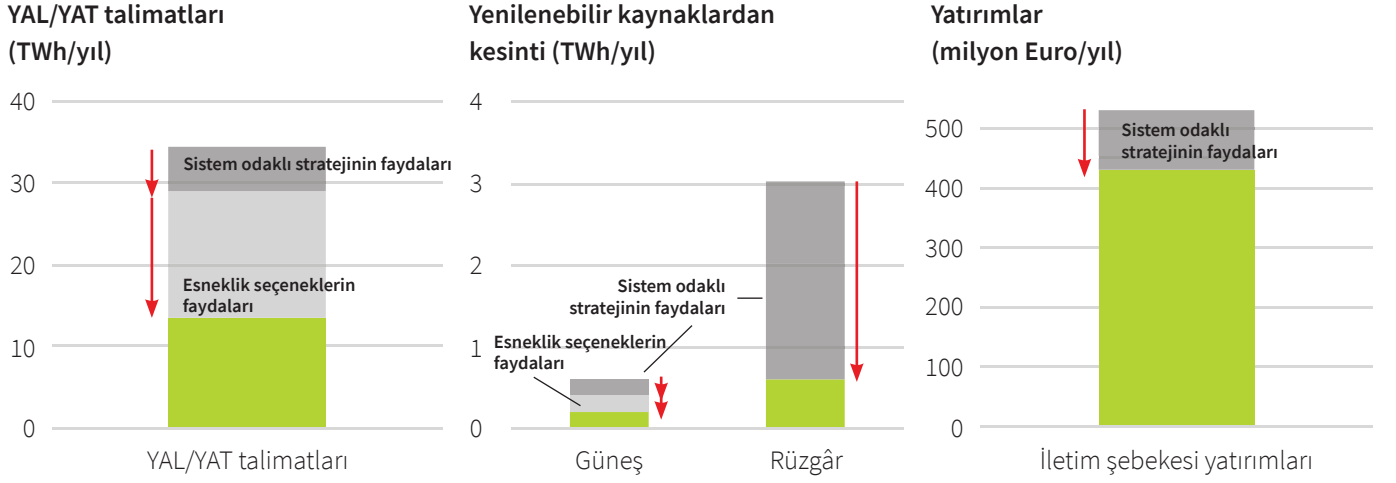
Şekil 8'de görülebileceği gibi, rüzgâr ve güneş kurulu gücünün yeniden konumlandırılması, YAL/YAT emirlerini ve kesinti ihtiyacını azaltarak önemli faydalar doğurmaktadır. Fakat, rüzgâr ve güneş enerjisinden üretilen elektriğin toplam tüketimdeki payı Üç Kat Senaryosu'na ulaşarak %30'u aştığında, sistem odaklı strateji tek başına sistem güvenliği ve güvenilirliğini sağlamak için yeterli olmayacaktır. YAL/YAT emirlerinin daha da düşürülmesi için, enerji sisteminin esnekliğini artıracak seçenekler araştırılmalıdır.

Rüzgâr ve güneş enerjisinin sistem odaklı tahsisinin ayrıca dengeleyici bir etkisi bulunmaktadır. Rüzgâr ve güneş enerjisinin toplam elektrik talebindeki maksimum saatlik payı %131,5'ten %126,2 seviyesine düşmektedir. Maksimum saatlik ramp hızında ise 14,3 GW'tan 14,2 GW'a (%-0,7) yaklaşık 100 MW gibi bir düşüş gerçekleşmektedir. Son yıllarda rüzgâr ve güneş enerjisi üretimini dengeleyen, ramp hızlarını azaltan ve böylece üretilen elektriğin sistem değerini artıran stratejiler ve teknolojiler geliştirilmiştir. Bunlar arasında, özellikle kaynakların az olduğu bölgelerde rüzgâr santrallerindeki türbinlerin elektrik üretimini artıran gelişmiş türbin tasarımları; güneş enerjisi için ise, panel yönünü değiştirmek, gün boyunca güneşi takip etmek ve

güneş enerjisi panellerinin üretim kapasitesi ile azami inverter üretimi arasındaki oranı düzenlemek; bunların yanı sıra teknolojileri akıllıca bir araya getirmek sayılabilir (IEA, 2016).

Yatırımlar bakımından, sistem odaklı stratejiye geçiş, toplam rüzgâr ve güneş enerjisi kurulu gücünün 2026 yılına kadar 60 GW'a, yani mevcut planların üç katına çıkarılmasıyla, ilave iletim şebekesi yatırımlarında yılda 100 milyon Euro tasarruf sağlayabilir.

Şekil 8: Üç Kat Senaryosu'nda, esneklik seçenekleri ve sistem odaklı stratejinin YAL/YAT emirleri, yenilenebilir kaynaklardan kesinti ve iletim şebekesi yatırımları açısından faydaları, 2026



Sistem odaklı strateji önemli faydalar sağlar: yenilenebilir kaynaklardan kesintileri ve YAL/YAT talimatlarını azaltır. Ayrıca ilave iletim şebekesi yatırımında yılda 100 milyon Euro tasarruf sağlar. Ancak, mevcut şebeke planlama ve işletim seviyeleri, yalnızca bu stratejiyle birlikte sistem esnekliğini artıran teknoloji ve yaklaşımların hayata geçirilmesiyle sürdürülebilir.

3. Sistem odaklı stratejinin uygulanması ile ilgili zorluklar

Bu analizde de görüldüğü gibi, sistem odaklı strateji, yenilenebilir enerjinin şebekeye entegre edilmesine yönelik net faydalar sağlayacaktır. Lakin bu stratejinin uygulanması çeşitli mevzuat ve teknik ile ilgili konularla entegre bir şekilde hareket gerektirmektedir.

Yatırımcıları belirlenmiş alanlara yönlendirmek adına bir düzenleyici çerçeve ve büyük ve küçük ölçekli olmak üzere farklı büyüklükteki yenilenebilir enerji üretim tesislerini teşvik eden bir politika ortamı olmazsa, yatırımlar kaynak açısından zengin bölgelere gitme eğilimini sürdürecektir. Türkiye’de yenilenebilir enerji kurulu güç ihaleleri ile 2017 yılında çizilen mevcut politika ortamı, çoğunlukla kaynak açısından zengin bölgeleri desteklemiştir. Sistemin faydalarının (kısmen) yatırımcılara yönlendirilmesi gerekir çünkü yatırımcılar, doğal olarak, kârlarına öncelik verecek ve yatırım geri dönüş hızını artırmak isteyeceklerdir. Sistem odaklı stratejide, bir teşvik sistemi olmadığı sürece yatırımların geri dönüş hızları daha düşük olacaktır. Mevcut ihale tasarımlarının tam da bu konuda daha dengeli bir rüzgâr ve güneş kurulu gücünün uygulanmasına engel olma potansiyeli bulunmaktadır. 2017 yılında iki adet 1 GW ölçekli ihale ile dünya fiyat rekoru kıran Türkiye, bu kurulu güçleri büyük ölçüde güneşin en güçlü olduğu ve rüzgârın en hızlı şekilde estiği alanlarla sınırlamıştır.

Türkiye’nin enerji politikası, yenilenebilir enerji ile ilgili bir pazar yaratma, yerel değer zincirlerini geliştirme ve yıllardır ülkenin kaynak potansiyeline karşın hak ettiği ilgiyi almayan güneş enerjisi piyasasını canlandırma tercihinin yapılmıştır. Bu politika tercihi diğer ülkelerininkilerden çok farklı değildir, ancak bu noktada piyasalar ve teknolojiler geliştikçe politikaların da gelişmesi gerektiğini belirtmek önemlidir. Aynı zamanda, 2017’de gerçekleşen güneş enerjisi yatırımları, YEKDEM bazında, çoğunlukla küçük ölçekli (çoğunlukla 1 MW’lık) projelere aittir. Ancak, 2018’in ilk yarısında, Türkiye’nin yenilenebilir enerji piyasası yavaşlamıştır. Bundan özellikle güneş enerjisi sektörü etkilenmiştir. Politikaların belirsizliği, Türkiye’nin ekonomisindeki gelişmeler ve fazla kapasite, yatırımcıların çekincelerinin esas sebepleri olmuştur.

Yeni politikalar ve düzenleyici çerçeve ile birlikte, karar vericiler bu belirsizliklere çare olarak bu senaryoyu tersine çevirmede önemli bir rol oynayabilir. Odaklanması gereken nokta, küçük ölçekli yatırımcıların biraz daha düşük rüzgâr hızına sahip olan ve güneş ışını alan, ancak elektriğin kesintiye uğramadan şebekeye besleme yapılabildiği ve büyük altyapı yatırımları olmadan satılabildiği bölgelerdeki işletmeleri geliştirmeleri için bir fırsat penceresi açmak olmalıdır. Bu kısmen yatırımcı girişimleri ile gerçekleşmelidir. Çatı üstü güneş enerjisi için olan yeni düzenleyici çerçeve, elektriğin tüketileceği yerde üretilebilmesi bakımından ve daha fazla kurulu gücün dağıtımını hızlandırmak yönünden iyi bir başlangıç noktasıdır. Böylelikle şebeke altyapısı ve sistem işletimi üzerindeki baskı da azaltılmış olur.

Dünya Bankası’nın yakın tarihli bir raporu, Türkiye’de çatı üstü güneş enerjisi potansiyelinin en düşük tahminlere göre toplam 4 GW olduğunu, bunun 40 GW’lık teorik potansiyelin yaklaşık %10’una denk geldiğini ve büyük çoğunluğunun ticari ve endüstriyel çatılarda gerçekleşeceğini göstermiştir (The World Bank, 2018). Çatı üstü güneş enerjisi için yüksek potansiyele sahip olan bu yerler, tam olarak şebekelerin güçlü olduğu bölgelerdedir ve bu analizde belirtildiği üzere, bu bölgelerde talep de yüksektir. Bu nedenle, devlet çatılarda güneş enerjisi için gelecek vaat eden düzenleyici çerçeveyi geliştirmeli ve bu sistem dostu yaklaşım üzerinden daha geniş kapsamlı rüzgâr ve güneş politikalarına yelken açmalıdır. Bunu yapmanın birkaç

yolu vardır: Enerji satın alım anlaşmalarında, cazip yatırım kredilerinde veya diğer anlaşmalarda tamamlayıcı maddeler aracılığı ile. Bu tür mali destek programları hâlihazırda mevcut olduğundan, bunların uyarlanması, uygulamada yeni engeller veya bürokratik zorluklar ortaya çıkarmayacaktır.

Elektrik sistemindeki maliyetler en büyük zorluk olmayacaktır. Bu tür sistem odaklı bir stratejinin genel sistem maliyeti üzerindeki etkisi göz ardı edilebilecek seviyede olacak ve yenilenebilir kaynaklardan üretilen elektriğin kesintiye uğraması durumunda ortaya çıkacak maliyetin kesinlikle altında kalacaktır. SHURA'nın bir sonraki çalışmasında, yenilenebilir enerji kaynaklarının tüm elektrik üretiminin yarısından fazlasını teşkil etmesi amacıyla kullanılacak çeşitli esneklik seçeneklerinin maliyetleri ve faydaları ile birlikte bu konu daha ayrıntılı olarak değerlendirilecektir (Saygın ve ark., hazırlanmakta). Elbette, tek bir yatırımcı üzerindeki mali etkiler önemli olabilir; ancak daha fazla yenilenebilir enerjinin entegre edildiği bir elektrik sisteminden ekonomik ve toplumsal açıdan faydalanacak olanlar vatandaşlardır. Bu nedenle, mevcut düzenleyici çerçevenin, yatırımcıların sistem dostu bir stratejiye yatırım yapmalarına yönelik teşvikler sağlamak adına güçlendirilmesi gerekmektedir.

Düzenleme ve ilgili maliyetlerle ilgili sorulara ek olarak, teknik ve toplumsal açıdan bazı hususlar da ortaya çıkabilir. Talebin yüksek ve şebekenin güçlü olduğu bölgeler, Türkiye'nin batı ve kuzeybatı bölgeleri gibi hâlihazırda yoğun nüfusu olan ve büyük sanayi ve tarım faaliyetleri bulunan bölgelerdir. Ayrıca Türkiye'deki turizm faaliyetlerinin büyük bölümü bu bölgelerde gerçekleşmekte, bu durum (yenilenebilir) enerji yatırımlarına dair tartışmalara yeni bir boyut getirmektedir. Planlama esnasında arazi uygunluğuyla beraber bu konuların dikkate alınması önerilmektedir. Plancılarının ayrıca endüstriyel faaliyetlerin artırılması için belirlenen alanlarda halkın desteğini kazanması önerilmektedir.

Son olarak, rüzgâr ve güneş kurulu gücündeki değişim, iş imkânları ve yeni ekonomik faaliyetler ortaya çıkarmak gibi yollardan bölgeye yönelik değer yaratarak olumlu etkilerde bulunacaktır. Diğer ülkelerde olduğu gibi, yenilenebilir enerjinin sosyo-ekonomik faydaları Türkiye'nin de politik gündeminde yüksek önceliğe sahiptir. Bundan en çok yararlanacak olan nüfus, yatırım alan bölgelerde yaşayanlar olacaktır. Sistem odaklı strateji özellikle rüzgâr kurulu gücünü daha geniş bir coğrafyaya yaymaktadır. Böylece kaynak açısından zengin ve hâlihazırda güçlü şebekeye sahip batı ve kuzeybatı bölgeleri dışında da fayda yaratma eğilimi vardır. Buna karşılık, sistem odaklı stratejide, güneş kurulu gücünün önemli bir kısmı, ekonomik faaliyetlerin zaten güçlü olduğu bölgelerde yoğunlaşma eğilimindedir. Bu sebeple mevcut durumda daha az ekonomik faaliyete sahip olan bölgeler, yenilenebilir kurulu gücün geliştirilmesi bakımından da potansiyellerini nispeten daha az kullanmak durumunda kalacaklardır. Bunun üstesinden gelmek için enerji politikaları bölgesel dağılım ve ekonomik eşitliği göz önünde bulundurarak, yerel anlamda değer yaratılmasına en çok ihtiyaç duyulan bölgeleri dikkate almalı ve daha dengeli bir yaklaşım sergilemelidir.

Sistem dostu bir yaklaşım için stratejiler

Değişken yenilenebilir enerjinin sisteme daha yüksek oranlarda entegre edilebilmesi, talep, mevcut arz ve iletim ve dağıtım şebekesi kapasitesi gibi elektrik sistemini tanımlayan özelliklere bağlıdır. Bu kavram birçok ülke tarafından kabul edilmiştir. Rüzgâr ve güneş enerjisi yatırımları planlanırken bu özellikleri göz önünde bulundurmak, herhangi bir büyük takviye ya da ilave hatlar gerekmeksizin daha fazla üretim kapasitesinin hayata geçirilmesini sağlayacaktır.

Elektrik tesislerinin konum seçimini teşvik etmek için çok çeşitli stratejiler vardır. Ülkeler, genellikle sistem dostu yaklaşımı, çeşitli politika araçlarının bir parçası olarak teşvik ederler; örneğin, ihale çerçevelerinde daha az verimli kaynak alanlarına yatırım yapmayı planlayan istekli yatırımcıları ödüllendirmek veya YEKDEM gibi teşvikler kapsamında ilave primler sağlamak gibi. Teknolojideki gelişmeler de elektrik santrallerinin daha düşük rüzgâr hızlarından veya daha düşük güneş ışınından daha dengeli bir şekilde daha fazla enerji elde etmesini sağlamak için de önem arz edecektir.

Çoğunlukla yatırımcılar daha az kaynağa sahip alanlara yatırım yapma konusunda temkinli bir yaklaşıma sahiptir, çünkü bu nitelikte yatırımlar daha uzun dönemlerde kendini kompanse edebilir. Yenilenebilir kaynakların hızla azalan maliyetleri, yatırımların hızlı bir şekilde geri dönüşünü sağlamak açısından, lokasyon sorununun büyük kısmını telafi etmiş durumdadır. Elektrik santralleri için teknoloji ve dizayn kriterleri de geliştirilmektedir. Örneğin, daha gelişmiş türbin teknolojileri, verimli güneş enerjisi modülleri, daha iyi tahmin teknikleri ve güneşin aktif olarak takip edilmesi, düşük kaliteli kaynaklara sahip alanlarda bile üretimi en üst düzeye çıkarmaya yardımcı olur (IEA, 2016).

Toplam sistem maliyetlerini azaltan sistem dostu bir yaklaşımın, sistem entegrasyonu bakımından yararları bulunmaktadır. Elektrik santrallerinin bir bölgeye veya bölgeler boyunca daha eşit bir şekilde yayılması, münferit santrallerin üretimlerinin birbiriyle örtüşmesini azaltacağından elektrik tedarikinin dağılımında bir düzeltme etkisi yaratabilir. Türkiye ele alındığında, ülkenin coğrafyası ve hava koşullarındaki farklılıklar nedeniyle bu etki özellikle belirgindir. Karşılaştırıldığında, sadece üretimi maksimize etmeyi amaçlayan bir sistemde, ihtiyaç fazlası üretim durumlarının daha fazla ortaya çıkması muhtemeldir. Bu durumda, ya yenilenebilir enerjiden üretilen elektriğin bir kısmı kesilecek ya da genel sistem maliyetlerini artırabilecek alternatif esneklik stratejilerinin uygulanmasını gerekecektir.

Ülkeler, rüzgâr ve güneş enerjisi santrallerinin lokasyonunu daha sistemli odaklı yönetmek için çeşitli mekanizmalar uygulamaktadırlar. Örneğin, şebekeye olan mesafelerin daha az olduğu, ancak doğal kaynak kalitesinin daha düşük olduğu alanlara yatırım yapanlar için daha düşük şebeke ücretleri uygulanmaktadır. Elektrik arzındaki farklılıkları dengeleyip düzenleyerek sisteme değer katan üreticiler, Almanya, Brezilya ve Çin örneklerinde olduğu gibi ilave kâr sağlanarak ödüllendirilebilir. Diğer bir örnek olarak Meksika, ilk yapmış olduğu yenilenebilir enerji ihalelerinde, sistemin güvenliği ve güvenilirliğine en çok değer katan alanlara yatırım yapan üreticiler için bir kredi sistemi tesis etmiştir (IEA, 2016, 2017).

Daha fazla güneş ve rüzgâr enerjisini sistemine entegre etmek amacıyla Türkiye, hem teknoloji hem de politika açısından kurulu gücün daha dengeli bir şekilde konumlandırılması için yollar bulmaya ihtiyaç duyacaktır. Diğer ülkelerin en iyi uygulamaları ve tecrübelerinden öğrenmek, bu geçişi büyük ölçüde hızlandıracaktır.

4. Tavsiyeler

Bu rapordan çıkan sonuçlara göre, daha fazla güneş ve rüzgâr kurulu gücünün elektrik sistemine entegrasyonunu kolaylaştırmak adına, şebekenin bu entegrasyonu en iyi şekilde karşılayabileceği doğrudan yatırımların yapılması, politika ve mevzuatın güncellenmesi, bu sırada aşağıdaki hususlara odaklanılması önerilmektedir:

- Kaynak açısından zengin alanlara yatırımları sınırlamaksızın, dengeli bir yenilenebilir enerji piyasası yaratan düzenleyici çerçeve geliştirmek
- Teknoloji ve lokasyona özgü bir şekilde projelerin maliyetleri üzerindeki etkilerini göz önünde bulundurmak suretiyle, sistem dostu bölgelere yatırım yapan yatırımcıları ödüllendirmek
- Güneş ve rüzgâr enerjisinin sistem odaklı bir şekilde tahsis edilmesini dolaylı olarak destekleyen çatı tipi güneş enerjisi santrallerini ilgilendiren düzenleyici çerçeveyi, mevcut politikalarla entegre etmek
- Arazi mevcudiyeti, yer seçimi kısıtlamaları, ekonomik faaliyet, yerel değer yaratma ve mevcut şebeke altyapısını göz önünde bulundurmak suretiyle, Türkiye'nin her bölgesinde yenilenebilir enerji yatırımları planlamak
- Kaynak açısından daha az zengin alanlardan elektrik üretimini en üst düzeye çıkartabilen ve sistem esnekliğini artıracak seçenekleri içeren bir teknoloji portföyü ile sistem odaklı bir stratejiyi bir araya getirmek, böylelikle rüzgâr ve güneş enerjisinin sisteme entegrasyonunu kolaylaştırarak yenilenebilir kaynaklardan üretilen elektriğin kesintisini ve YAL/YAT talimatlarını azaltmak.

- Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2018a. Güneş. URL <http://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Gunes>
- Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2018b. Rüzgâr. URL <http://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Ruzgar>
- Erkul Kaya, N., 2018. Elektrik üretimine 6,2 milyar dolar yatırım yapıldı. Anadolu Ajansı.
- Godron, P., Cebeci, M.E., Tor, O.B., Saygin, D., 2018. Increasing the Share of Renewables in Turkey's Power System: Options for Transmission Expansion and Flexibility. SHURA Energy Transition Center, Istanbul.
- IEA, 2017. Getting wind and sun onto the grid: A manual for policy makers. OECD/IEA, Paris.
- IEA, 2016. Next generation wind and solar power - from cost to value. OECD/IEA, Paris.
- IRENA, 2016. The Power to Change: Solar and Wind Cost Reduction Potential to 2025. International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi.
- Saygin, D., Godron, P., Cebeci, M.E., Tör, O.B., hazırlanmakta. Supplying more than half of Turkey's total electricity from renewables: Cost-benefit analysis of the different flexibility measures. SHURA Energy Transition Center, Istanbul.
- The World Bank, 2018. Turkey: Rooftop Solar Market Assessment. The World Bank, Washington D.C.
- YEGM, 2018. Yenilenebilir Enerji Kaynaklarından Elektrik Üreten Tesislerin Kurulu Güç Gelişimi. Yenilenebilir Enerji. URL <http://www.yegm.gov.tr/yenilenebilir.aspx>

İstanbul Politikalar Merkezi

İstanbul Politikalar Merkez (İPM) demokratikleşmeden iklim değişikliğine, transatlantik ilişkilerden çatışma analizi ve çözümüne kadar, önemli siyasal ve sosyal konularda uzmanlığa sahip, çalışmalarını küresel düzeyde sürdüren bir politika araştırma kuruluşudur. İPM araştırma çalışmalarını üç ana başlık altında yürütmektedir: İPM-Sabancı Üniversitesi-Stiftung Mercator Girişimi, Demokratikleşme ve Kurumsal Reform, Çatışma Çözümü ve Arbuluculuk. 2001 yılından bu yana İPM, karar alıcılara, kanaat önderlerine ve paydaşlara uzmanlık alanına giren konularda tarafsız analiz ve yenilikçi politika önerilerinde bulunmaktadır.

European Climate Foundation

European Climate Foundation (ECF) Avrupa'nın düşük karbonlu bir toplum haline gelmesine yardımcı olabilmek ve iklim değişikliğiyle mücadelede uluslararası alanda güçlü bir lider rolü oynayabilmek amacıyla kurulmuştur. ECF, her türlü ideolojiden uzak kalarak düşük karbonlu bir topluma geçişin "nasıl" olacağı konusunu odağına alır. Ortaklarıyla yaptığı iş birliği kapsamında ECF, bu geçişte kilit rol oynayacak patikaları ve farklı alternatiflerin sonuçlarını ortaya çıkararak bu tartışmalara katkı sağlamayı hedefler.

Agora Energiewende

Agora Energiewende; Özellikle Almanya ve Avrupa olmak üzere tüm dünyada temiz enerjiye başarılı bir geçiş yapılmasını sağlamak amacıyla veri odaklı, politik açıdan uygulanabilir stratejiler geliştirir. Bir düşünce kuruluşu ve politika laboratuvarı olan Agora; yapıcı bir fikir alışverişi sağlarken siyaset, iş ve akademi dünyasından paydaşlarla da bilgi birikimini paylaşmayı hedefler. Kâr amacı gütmeyen ve bağışlarla finanse edilen Agora, kendini kurumsal ve siyasi çıkarlara değil, iklim değişikliğiyle mücadeleye adanmıştır.



Bankalar Caddesi, No:2
Minerva Han Kat: 3
34420 Karaköy / İstanbul
Tel: +90 212 292 49 39
E-mail: info@shura.org.tr
www.shura.org.tr

SHURA Kurucu Ortakları:

