



Enerji  
Politikaları  
Araştırma  
Merkezi

#  
25

# Isıtma Sektöründe Yenilenebilir Enerjinin Rolü

Değer Saygın & Barış Sanlı

Ocak 2020

Bilkent Enerji Notları

   @bilkenteprc

 eeps@bilkent.edu.tr



Bu yazının içeriği yazarın/yazarların sorumluluğundadır. Yazılan görüşler Bilkent Enerji Politikaları Araştırma Merkezi'nin ya da kurumun üyelerinin görüşlerini yansıtılmaktadır.

Tüm Hakları Saklıdır © 2020  
Bilkent Enerji Notları

Bu yayın, kaynağın belirtilmesi kaydıyla, kısmen telif hakkı sahibinden özel izin alınmadan eğitim amaçlı veya kr amacı gütmeyen amaçlarla çoğaltılabilir. Bu yayın, hiçbir şekilde yeniden satış amacıyla veya herhangi bir ticari amaçla hiçbir şekilde önceden yazılı izin alınmadan kullanılamaz.

Bilkent Enerji Politikaları Araştırma Merkezi

Bilkent Üniversitesi  
İktisadi, İdari ve Sosyal Bilimler Fakültesi  
AZ02-03  
06800, Ankara, Türkiye  
+90 312 290 2320  
bilkenteprc.com



# Isıtma Sektöründe Yenilenebilir Enerjinin Rolü

Değer Saygın - Shura Enerji Dönüşümü Merkezi  
Barış Sanlı - Bilkent Enerji Politikaları Araştırma Merkezi

Bilkent Enerji Notları - 25  
Ocak 2020



## İçindekiler

Giriş	4
Isıtma Sektöründe Yenilenebilir Enerjinin Rolü	4
Sonuç	8
Kaynakça	9



## Giriş

İngiliz Financial Times gazetesinde geçen sene yayınlanan bir haberde, Türkiye’den Ordu Yardımlaşma Kuruluşunun (OYAK) bir iştiraki olan Ataer Holding’in British Steel’i almaya çalıştığı ve nihai olarak da buradaki çelik işlemlerini kömür yerine hidrojen ile çalıştıracığı yazıyordu. İngiltere’deki tarihi bir çelik şirketini alarak onun hidrojen gibi karbonsuz bir kaynak ile çelik üretmesini planlamanın kamusal yapıdaki bir Türk şirketi tarafından önerilmesi muhtemelen 2019 yılındaki en ilginç haberlerden biriydi. [1]

Türkiye bölgesindeki en büyük çelik üreticilerinden biridir. Aynı zamanda da en büyük ihracatını Avrupa pazarlarına yapmaktadır. Birçok şirket Türkiye içindeki üretimini de hedef pazarlarına göre şekillendirmekte, sürdürülebilirlik göstergelerine önem vermekte ve ihracat pazarlarındaki müşteri taleplerine göre iç piyasa stratejilerini de uyumlu hale getirmektedir. Yukarıda yer alan haberde, en çok dikkat çeken cümlelerden biri de Avrupa Birliği (AB) iklim değişikliği komiserinin önerdiği “sınırdaki vergi eklenmesi – border adjustment tax-” olmuştur. Kısaca daha yüksek karbon ile üretilen mal ve hizmetlerin AB sınırlarında daha fazla vergiye maruz kalması anlamına da gelmektedir.

## Isıtma Sektöründe Yenilenebilir Enerjinin Rolü

11 Aralık 2019’da AB komisyonu tarafından açıklanan “Avrupa Yeşil Paketi – European Green Deal-” ile Avrupa 2050 yılında iklim-nötr ilk kıta olmayı hedeflemektedir. [2] AB açısından bu yeşil dönüşüm bir kalkınma ve büyüme stratejisidir. Türkiye-AB ilişkilerinde ortak Pazar anlaşmalarına ve piyasa benzerliklerine bakıldığında Türkiye’nin bu plandan etkilenmemesi veya pazarının etkilenmeyeceğinin düşünülmesi fazla iyimser bir bakış olur. Ayrıca yeşil bir büyüme stratejisindeki en önemli konu ise şüphesiz ısı üretim ve kullanımından kaynaklanan karbonun düşürülmesidir.

Tüm bu ortamda, Türkiye’nin sadece elektrikte yerli ve yenilenebilir enerji stratejisinin tüm bir enerji sistemi için genişletilmesi ekonomik büyümeye, ihracat pazarlarına erişime ve rekabetçiliğe, en önemlisi yaşam kalitesinin artmasına çok büyük bir etkisi olacaktır. Şüphesiz enerji sistemindeki en büyük tüketim başlığı da ısıdır. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı’nın her sene yayınladığı enerji denge tabloları verilerine göre Türkiye’nin toplam nihai enerji tüketimi 2018 yılı sonunda 100 milyon ton eşdeğer petrol (Mtep) seviyesini aşmıştır. Bu toplamın içerisinde elektrikle ilgili nihai tüketim beşte bir paya sahipken, binalar, ulaştırma, sanayi ve diğer son tüketici sektörlerde tüketilen fosil yakıtlar ve doğrudan yenilenebilir enerji kullanımının payı yüzde 80’i bulmaktadır. [3]

Enerji dönüşümü sürecinde Türkiye’nin elektrik sektöründe yapıyor olduğu atılımlar çok umut vericidir. Her yıl sisteme ilave edilen toplam elektrik kurulu gücünün yarısından fazlası güneş, rüzgâr ve jeotermal gibi yenilenebilir enerji kaynaklarından oluşmaktadır. [4] Yenilenebilir enerji kaynaklarına olan yatırım eğiliminin bu teknolojilerin maliyetlerindeki düşüş ve verimliliklerindeki artışla birlikte gelecek senelerde de devam etmesi öngörülmektedir. [5] Yenilenebilir enerjinin toplam elektrik tüketimindeki payı son birkaç senedir üçte bir seviyelerinde seyrederken 2019 yılında yüzde kırk seviyesini aşmıştır.



Türkiye elektrik üretim sektöründe devam eden tüm bu olumlu gelişmelere rağmen enerjiyi son tüketen binalar, sanayi ve ulaştırma için aynı sonuca varmak şu an için pek mümkün değildir. Elektrik sektörü toplam enerji sektörünün düşük bir kısmını kapsadığı için, evlerdeki kombilerden ulaştırmadaki tüm taşıtlara, sanayi sektörlerindeki üretim süreçlerine kadar birçok aşamada elektrik haricinde kullanılan enerji kaynaklarının miktarı, elektrik tüketiminin 4 mislidir. Yani bütünsel bir bakış ve ısı sektöründeki potansiyelin kazandırılması ile Türkiye yenilenebilir enerjide çok daha büyük başarılar elde edebilir. Fakat bugün için bu potansiyelin çok küçük bir kısmı kullanılmaktadır.

Örneğin ulaştırmada biyoyakıtların toplam nihai enerji tüketimindeki payı %0,5'den biraz daha fazladır. Sanayide ise bu oran biyoyakıtların yanında ancak atıklar da göz önünde bulundurulduğunda %2 seviyesinin üzerine biraz çıkmaktadır. Binalar da ise yenilenebilir enerjinin payı biyoyakıt ve atık kullanımının yanında, su ve mahal ısıtma için kullanılan güneş ve jeotermal ile %10'un biraz altında kalmaktadır. [6]

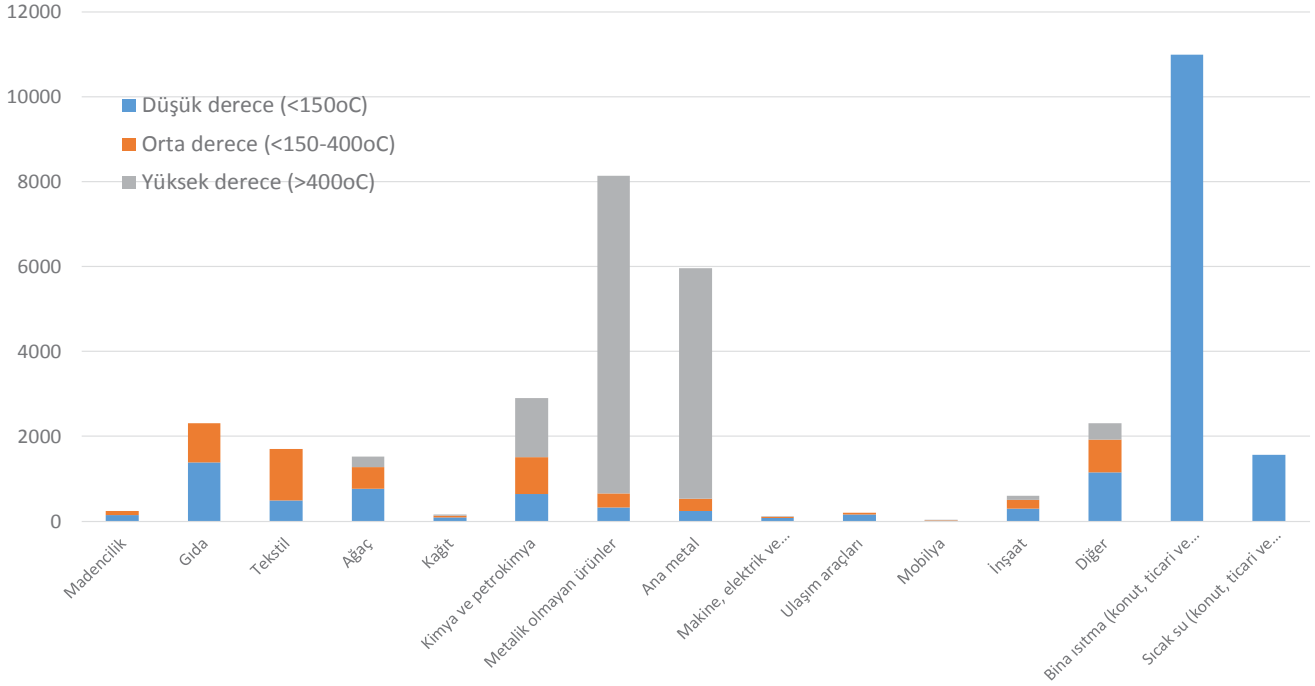
Yenilenebilir enerji kullanımının yanında, enerji verimliliği önlemlerinin hayata geçirilmesi bu sektörler için eşit derece de önemlidir. Türkiye'nin sahip olduğu detaylı ve kapsayıcı Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planı içerisindeki birincil enerji tüketiminde %14'lük tasarruf hedefinin 2023 yılına çok az bir zaman kala ulaşılabilmesi için enerji verimliliği önlemlerinin bir an önce hayata geçirilmesinin önemi gün geçtikte artmaktadır. [7] Bu kapsamda mevcut eylem planımızı destekleyen sektöre özgü politikalar uygulanmaya başlanmıştır. Bunlardan bir tanesi Türkiye'nin nihai enerji tüketiminin neredeyse yüzde 40'ından sorumlu olarak en fazla enerji tüketen konut, ticari ve kamu binalarıdır. 2019 yılının ağustos ayında açıklanan yönetmeliğe göre, enerji verimliliği açısından büyük bir potansiyele sahip olan Türkiye kamu binalarında asgari %15'lik bir tasarruf hedeflenmektedir.

Son tüketici sektörleri ilgilendiren enerji verimliliğiyle ilgili eylem planı uygulamalarında ne kadar olumlu gelişmeler yaşansa da Türkiye toplam nihai enerji tüketiminin neredeyse yüzde 80'ninden sorumlu olan bu sektörlerde gerçek anlamda bir enerji dönüşümünün yaşanması için enerji verimliliği dışında yenilenebilir enerji payının artırılmasının acil önemi ön plana çıkmaktadır.

Yenilenebilir enerjinin bu sektörlerdeki potansiyelini belirlemek için enerjinin hangi alanlarda ve nasıl tüketildiğini anlamak kilit öneme sahiptir. Şekil 1 Türkiye'de enerjiyi son tüketen sektörlerinde kullanılan ısının sıcaklığını göstermektedir. [8] Sanayi sektörüne baktığımızda üretim proseslerinde kullanılan proses ısıları farklı sektör ve işlemlerine göre büyük farklılıklar göstermektedir. Türkiye için önem arz eden demir çelik ve çimento sektörlerinden başlayacak olursak, bu sektörlerin ortak noktaları 1000 santigrat derece (°C) ve üzerinde kullandıkları proses ısıları veya elektrik enerjisidir. Buna kıyasla gıda ve içecek sektöründeki prosesler çoğunlukla 250°C'nin altında kalmaktadır. Sektörün proses ısı karakteristikleri, tekstil sektöründekiyle çok benzerdir. Petrokimya sektöründe ise proses ısıları 400°C ve üzerine çıkabilirken binalarda ise sıcak su üretimi ve bölgesel ısıtma için gereken ısının sıcaklığı genellikle 100°C'nin altında kalmaktadır.



Şekil 1: Sanayi Sektörü ve Binalarda Elektrik Dışı Nihai Enerji Tüketiminin Sektör ve Kullanılan Isının Derecesine Göre Kırılımı



Bu farklılıklar her sektör için uygulanması gereken ayrı bir teknoloji ihtiyacını ortaya çıkarmaktadır. Bunun altında yatan sebep ise her yenilenebilir enerji teknolojisinin istenen yüksek seviyelerde proses ısısını tedarik edememesidir. [9] Örneğin güneş ısıtma ve soğutma sistemlerinden sağlanan proses ısısı 100°C seviyesinin ancak biraz üzerine çıkabilmektedir. Jeotermaldeki durum da benzer olmakla birlikte su kaynağının bulunduğu bölgedeki sıcaklığa göre nispeten biraz daha yüksek seviyelerde proses ısısı sağlanabilmektedir. Biyoyakıtların yakılmasıyla elde edilen enerjinin karakteristikleri fosil yakıtlardan elde edilen proses ısısına benziyor ve daha yüksek seviyelerde sıcaklıklar elde edilebilmektedir. [10]

Türkiye'nin bu kaynakları mevcut durumda uygulama seviyeleri sektörler arasında değişmektedir. Güneş ısıtma ve soğutmada Türkiye'nin kurulu gücü 2017 yılı sonunda 16.280 megavat-termale (MW) ulaşmıştır. Toplam kurulu güçte, Çin ve Amerika Birleşik Devletleri'nin ardından 3. sıradadır. [11] Bu kapasitenin büyük çoğunluğunu düz zemin-*flat plate* olarak tanımlanan toplayıcılar oluşturmaktadır. Kişi başına kurulu güçte ise 1000 kişi başına 201 megavatlık (kW) kurulu güçle Türkiye Danimarka'nın hemen önünde sekizinci sırayı almaktadır. Bu sistemler, Türkiye'nin konutlarındaki elektrik dışı toplam nihai enerji ihtiyacının %3'ünü karşılamaktadır. Fakat bu sistemlerin sanayide proses ısıtması veya gıda kurutması gibi kullanımlarında yok denecek kadar kısıtlı bir uygulama vardır. Türkiye'nin güneş ısıtma kalitesi ve kaynaklarının bolluğu ve gıda sektörü gibi bu teknolojinin rahatlıkla uygulanabileceği alanlar düşünüldüğünde gelişime açık çok büyük bir potansiyel mevcuttur.

Türkiye jeotermal kaynak açısından çok zengin bir ülkedir. Batı Anadolu'da yüksek sıcaklığa sahip kaynaklar



mevcuttur (287°C'ye kadar). Bunun yanında Orta ve Doğu Anadolu bölgelerinde orta ve düşük sıcaklıkta kaynaklar ön plana çıkmaktadır. Uzun süreden beri atıfta bulunan Türkiye'nin 31.500 MW<sub>t</sub>'lık kaynak potansiyelinin, farklı çalışmalarda 60.000 MW<sub>t</sub>'ın üzerinde de olduğu belirtilmektedir. Bu kaynakların %80'ninden fazlası bölgesel ve mahal ısıtma için kullanılabilirken sadece bir kısmı elektrik kullanımı için uygundur. Günümüzde 1,5 gigavattan (GW) fazla elektrik kurulu gücüyle dünyanın ilk beşi arasında yer alan Türkiye, aynı uygulamayı ısıtma ve soğutmada henüz yakalayabilmiş değildir. [12] Enerji Kentleri Birliği'nin verilerine göre 135.000 konut eşdeğer jeotermal merkezi ısıtma sistemi şu anda uygulanmaktadır. Türkiye'de toplamda 20 milyondan fazla hane olduğu düşünülürse, bu oran %2'nin biraz altında kalmaktadır. Bunun yanında 820 MW<sub>t</sub> sera ısıtması, 1425 MW<sub>t</sub> otel ve kaplıca ısıtması ve 1,5 MW<sub>t</sub> sebze ve meyve kurutması için benzer sistemler uygulanmaktadır. Ayrıca 42,8 MW kapasitesinde jeotermal ısı pompası mevcuttur. Sanayide ise kullanım çok kısıtlı kalmaktadır. [13]

Bitkisel, orman ürünleri, hayvansal ve diğer organik çöp gibi kaynaklardan gelebilecek biyokütle atık potansiyeli açısından Türkiye'nin kaynakları nispeten kısıtlı kalmaktadır. 8,6 Mtep potansiyel, Türkiye'nin mevcut birincil enerji tedariki ile kıyaslandığından ancak %6'ya eşittir. [14] Günümüzde ise binalarda ve sanayide kullanılan biyoyakıt ve atık miktarı 2,4 Mtep seviyesindedir. Bunun 1,6 Mtep'i, yani dörtte üçü çoğunluğu yakacak odun olarak binalarda kullanılmaktadır. Sanayide kullanılan 0,8 Mtep'in hepsi biyokütle, evsel atıklar, endüstriyel atıklar gibi kaynaklardan toplanan atık olarak kullanılmaktadır.

Sanayi sektörü ve binalarda yenilenebilir enerji payının artırılmasının bir başka yöntemi elektrifikasyondur. Elektrifikasyon hem teknoloji sayesinde hem de sanayi tesislerin konumlarının stratejik olarak tahsis edilmesiyle elde edilebilecek bir potansiyeldir. Elektrikçi fazla tüketen demir-çelik, alüminyum gibi tesisler ve bunların yanında elektroliz ve geri dönüşüm gibi elektrikle fazlasıyla ihtiyaç duyan proseslere sahip sektörler, stratejik olarak kendilerini elektrikliğin çok ucuz maliyetle yenilenebilir elektrik kaynaklarının bol olduğu bölgelere tahsis ederek hem tüketimleriyle ilgili maliyetleri azaltabilir, hem de elektrikliğini yenilenebilir kaynaklardan sağlayarak daha temiz üretim yapabilir.

Elektrifikasyon ile ısı sağlayan teknoloji sayısı ise hızla artmaktadır. Mevcut teknolojiler incelendiğinde ısı pompası en tipik örnek olarak ön plana çıkmaktadır. Hava veya yer kaynaklı ısı pompaları konut ve diğer binalarda mahal ısıtması için kullanılabilir. Bunun yanında gıda ve kimya sektörünün birçok düşük sıcaklıklı işleminde ısı pompaları rahatlıkla uygulama alanı bulabilir. Türkiye'de bu yöntem çok fazla uygulanmasa da yurtdışında birçok sektörün bu tür uygulamalara öncelik verdiği bilinmektedir. Türkiye'de yerli üretilen ısı pompaları doğal gaz fiyatlarındaki artış, teknoloji ilk yatırım maliyetlerinin düşmesi ve verimliliklerdeki artış ile yakın gelecekte büyük piyasa bulabilir. Isıtma için yaratılan avantajın yanında, aynı zamanda soğutma hizmetlerini de sağlayan ısı pompaları binalarda büyük ölçüde elektrifikasyona geçişte önemli bir teknoloji olarak ön plana çıkmaktadır. Buradaki kilit konu elektrik ihtiyacının yenilenebilir enerji kaynaklarından karşılanmasıdır.

Bir diğer yol da yenilenebilir elektrik kaynaklarından üretililecek son ürünler sayesinde açılabilir. Bunun başında birçok farklı sektörde kendine uygulama alanı bulabilecek olan hidrojen gelmektedir. Geleneksel olarak başta metan gazının buharla işlenmesiyle üretilen hidrojen, kimya ve petrokimya sektörünün ana hammaddesidir. Fosil yakıtlara dayalı geleneksel üretim metotlarına alternatif olarak hidrojen, suyun farklı yöntemlerle elektrolizi sayesinde de üretilir. Elektroliz suyu hidrojen ve oksijen olarak ikiye ayırmaktadır.





Günümüzde toplam hidrojen üretiminin %4'ünden sorumlu ve en çok kullanılan yöntem klor-alkali elektroliz yöntemidir. Bunun yanında katı oksit elektroliz hücre ve proton exchange membran teknolojileri de farklı derecelerde araştırma ve uygulama seviyesindedir. Bu teknolojilerin maliyetleri günümüzde nispeten yüksek olsa da, yenilenebilir enerji kaynaklarının ucuzluğu sayesinde çok yakın tarihte geleneksel üretim prosesleriyle başa baş noktaya gelmesi beklenmektedir. [15]

Hidrojen uygulama alanlarının çeşitliliği bakımından büyük fırsatlar getirmektedir. Kimya ve petrokimya sektörünün hammadde ve enerji tüketiminin büyük çoğunluğundan sorumlu organik kimya sektörü başta olmak üzere amonyak ve üre gibi ürünlerin üretildiği gübre sektörüne kadar uygulama alanı mevcuttur. [16] Bunun dışında İsveç, Almanya ve Avusturya'da çelik üretiminde kömüre dayalı yüksek fırın tesislerine olan bağımlılığı azaltacak devrimsel nitelikte yeni prosesler ticarileşmeye başlamaktadır. Güneş ve rüzgâr gibi yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilen hidrojen direct reduced iron prosesiyle birlikte elektrik ark ocaklarında son ürün haline getirilebilmektedir. Türkiye'de de ark ocaklarının sıkça kullanıldığı göz önünde bulundurulduğunda böyle bir dönüşüm Türkiye için de avantajlı olabilir. [17]

Gelecekte Türkiye için hidrojen kullanımının önemli olabileceği diğer alanlar petrol rafinerileri, cam üretimi ve enerji depolama sistemleri olabilir. Ayrıca hidrojenden üretilebilecek sentetik yakıtlar ulaşımda kullanılabilir. Son olarak Türkiye'nin mevcut sahip olduğu doğal gaz dağıtım altyapısı ve bunun son tüketiciler için artan önemi düşünüldüğünde yerel yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilen hidrojen doğal gaz altyapısına enjekte edilerek, Türkiye'nin dış kaynaklara olan bağımlılığını azaltabilir. [18] Ayrıca güneş ve rüzgâr gibi kesintili kaynakların sisteme entegrasyonunda hidrojen üretimi esnekliğini artırılması açısından yeni fırsatlar sağlayabilir.

## Sonuç

Bu kısa bilgi notunda değerlendirildiği üzere, Türkiye'nin elektrik dışı son tüketici sektörlerde yenilenebilir enerjinin payını artırabilmesi açısından kat edeceği önemli bir yol vardır. Mevcut yerel doğal kaynak potansiyeli düşünüldüğünde çok sınırlı miktarda kendine uygulama alanı bulabilmiş olan yenilenebilir enerji kaynakları, Türkiye'nin artan ithal fosil yakıtı talebini azaltmakta, daha düşük maliyetli ve daha temiz bir enerji sistemine geçişte kilit rol oynayacaklardır.



## Kaynakça

- [1] Pooler, Michael. "A Greener Steel Industry Still Looks a Long Way Off" Financial Times, October 10, 2019. <https://www.ft.com/content/524c6dbc-ea7a-11e9-a240-3b065ef5fc55>.
- [2] European Commission - European Commission. "A European Green Deal." Text. Accessed January 6, 2020. [https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal\\_en](https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en).
- [3] Enerji İşleri Genel Müdürlüğü. "Enerji İşleri Genel Müdürlüğü - Denge Tabloları." Accessed January 6, 2020. <http://www.eigm.gov.tr/tr-TR/Denge-Tablolari/Denge-Tablolari>.
- [4] Teiaş. "Kurulu Güç 2019 Kasım." Accessed January 6, 2020. [https://www.teias.gov.tr/sites/default/files/2019-12/kurulu\\_guc\\_kasim\\_2019.pdf](https://www.teias.gov.tr/sites/default/files/2019-12/kurulu_guc_kasim_2019.pdf)
- [5] International Renewable Energy Agency. "Renewable Power Generation Costs in 2018." Accessed January 6, 2020. [irena.org/publications/2019/May/Renewable-power-generation-costs-in-2018](http://irena.org/publications/2019/May/Renewable-power-generation-costs-in-2018).
- [6] Enerji İşleri Genel Müdürlüğü. "Enerji İşleri Genel Müdürlüğü - Denge Tabloları." Accessed January 6, 2020. <http://www.eigm.gov.tr/tr-TR/Denge-Tablolari/Denge-Tablolari>.
- [7] Resmi Gazete. "Başbakanlık Mevzuatı Geliştirme ve Yayın Genel Müdürlüğü." Accessed January 6, 2020. <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2018/01/20180201M1-1.htm>.
- [8] Saygin, D., D. J. Gielen, M. Draeck, E. Worrell, and M. K. Patel. "Assessment of the Technical and Economic Potentials of Biomass Use for the Production of Steam, Chemicals and Polymers." Renewable and Sustainable Energy Reviews 40 (December 1, 2014): 1153–67. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.07.114>.
- [9] Saygin, D., D. J. Gielen, M. Draeck, E. Worrell, and M. K. Patel. "Assessment of the Technical and Economic Potentials of Biomass Use for the Production of Steam, Chemicals and Polymers." Renewable and Sustainable Energy Reviews 40 (December 1, 2014): 1153–67. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.07.114>.
- [10] International Renewable Energy Agency. "Renewable Energy in Manufacturing: A Technology Roadmap for REmap 2030," n.d., 36.
- [11] Solar Heating & Cooling Programme. "Solar Heat Worldwide: Global Market Development and Trends in 2018". Accessed January 6, 2020. <https://www.iea-shc.org/Data/Sites/1/publications/Solar-Heat-Worldwide-2019.pdf>
- [12] TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası. "Türkiye'nin Jeotermal Kaynakları, Projeksiyonlar, Sorunlar ve Öneriler Raporu." Accessed January 6, 2020. [https://www.jmo.org.tr/resimler/ekler/5ee60fb07fcb1e1\\_](https://www.jmo.org.tr/resimler/ekler/5ee60fb07fcb1e1_)



ek.pdf

[13] Türkiye'nin Jeotermal Merkezi Isıtma Potansiyeli ve Yeni Bir Finans Modeli

[14] "T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı - Biyokütle." Accessed January 6, 2020. <https://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Biyokutle>.

[15] International Renewable Energy Agency. "Hydrogen from Renewable Power: Technology Outlook for the Energy Transition," Accessed January 6, 2020. [https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2018/Sep/IRENA\\_Hydrogen\\_from\\_renewable\\_power\\_2018.pdf](https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2018/Sep/IRENA_Hydrogen_from_renewable_power_2018.pdf)

[16] Gielen, Dolf, and Deger Saygin. "Global Industrial Carbon Dioxide Emissions Mitigation;" n.d., 40.

[17] Gielen, D., Saygin, D., Taibi, E., Birat, J-B. (2020, forthcoming): Relocation of energy intensive industries for accelerated deployment of renewable energy: a case study for the iron and steel sector. Journal of Industrial Ecology.

[18] International Renewable Energy Agency. "Hydrogen: A Renewable Energy Perspective," Accessed January 6, 2020. [https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2019/Sep/IRENA\\_Hydrogen\\_2019.pdf](https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2019/Sep/IRENA_Hydrogen_2019.pdf)



# Enerji Politikaları Araştırma Merkezi

[bilkenteprc.com](http://bilkenteprc.com)