

# KÜRESEL İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ VE SOSYO-EKONOMİK ETKİLERİ

**Editör**

Dr. Abdulkadir BEKTAŞ



## **KÜRESEL İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ VE SOSYO-EKONOMİK ETKİLERİ**

*Editör* ▪ Dr. Abdulkadir BEKTAŞ

Araştırma-İnceleme Dizisi No. 15

ISBN 978-605-73812-8-6

1. Baskı: Haziran 2022 (1000 adet)

Yayın Hakları © TASAV, 2022

*Tüm yayın hakları TASAV'a aittir. TASAV'dan izin alınmadan kitabın tümünün ya da bir kısmının herhangi bir yöntem ile basımı, yayımı, çoğaltılması ve dağıtımı yapılamaz.*

**TÜRK AKADEMİSİ SİYASİ SOSYAL STRATEJİK ARAŞTIRMALAR VAKFI (TASAV)**

Sertifika No: 49150

29 Ekim Caddesi 2654. Sokak No: 1 Gölbaşı-Ankara

Tel: +90 (312) 460 1779 ▪ Faks: +90 (312) 460 1789

[www.tasav.org](http://www.tasav.org) ▪ [iletisim@tasav.org](mailto:iletisim@tasav.org) ▪ [editor@tasav.org](mailto:editor@tasav.org)

***Tasarım, Dizgi ve Baskı:***

Vega Basım Hizmetleri - Bahadır Levendođlu ▪ Sertifika No: 43714

Necatibey Cad. Lale Sokak No: 21/A Çankaya-Ankara ▪ +90 (312) 230 0723

# İÇİNDEKİLER

<b>İsmail Faruk AKSU</b> <i>Sunuş</i>	1
<b>Abdulkadir BEKTAŞ</b> <i>Giriş</i>	5
<b>Serhat ŞENSOY</b> <i>21. Yüzyılın En Büyük Tehdidi: Küresel İklim Değişikliği</i>	19
<b>Mesut DEMİRCAN</b> <i>İklim, İklim Değişikliği ve Su İlişkisi</i>	47
<b>Abdüsamet AYDIN</b> <i>Küresel İklim Krizinin Tarım, Gıda Sektörü ile Su Kaynaklarına Etkisi</i>	85
<b>Eray ÖZDEMİR</b> <i>İklim Değişikliğinin Türkiye'nin Orman Kaynağı Üzerindeki Etkileri</i>	117
<b>Emine Didem EVCİ KIRAZ</b> <i>İklim Değişikliği ve Sağlık Sektörünün Geleceği</i>	145
<b>Ali YURDDAŞ</b> <i>İklim Değişikliğiyle Mücadelede Bir Araç Olarak Yenilenebilir Enerji ve Enerji Verimliliği</i>	173
<b>Aysel VAROĞLU &amp; İzzet ARI</b> <i>Avrupa Birliği'nin Sınırda Karbon Düzenleme Mekanizması ve Türkiye'ye Etkileri</i>	217
<b>Ahmet ALTIN &amp; Süreyya ALTIN</b> <i>Göç ve Çatışmalarda İklim Değişikliğinin Önemi: Orta Asya Örneği</i>	239
<b>Kubilay KAVAK</b> <i>İklim Değişikliği Finansmanı ve Sürdürülebilir Finans Adımları</i>	257
<b>Abdulkadir BEKTAŞ</b> <i>İklim Değişikliği Müzakereleri ve Türkiye'nin Mevcut Durumu</i>	283

# İKLİM DEĞİŞİKLİĞİYLE MÜCADELEDE BİR ARAÇ OLARAK YENİLENEBİLİR ENERJİ VE ENERJİ VERİMLİLİĞİ

*Doç. Dr. Ali YURDDAŞ*

---

## **Giriş**

İklim değışikliği hem çevresel hem sağlık hem de sosyoekonomik olarak çok ciddi sonuçlar oluşturacak, önlemlerini almayan ülkelerin güvenliğini tehdit edecek düzeyde birçok farklı sorunları meydana getirecektir. Bu durumlar gelecek kuşakların yaşam standartlarını ve hatta yaşamlarını tehdit edebilecek bir sorun haline gelmeden hem ulusal hem de uluslararası iş birlikleriyle önlemlerin alınması gerekmektedir.

Enerji, insanların yaşamlarını devam ettirebilmesi için hayatın vazgeçilmezidir. Enerjinin toplumlar açısından birçok yönü vardır. Ekonomik, sağlık, siyasi, diplomatik, çevre ve kültürel olmak üzere enerjinin etki alanı oldukça geniştir. Ülkeler sürdürülebilir kalkınmaları için yüksek enerji potansiyellerine sahip olmalıdır. Son yıllarda iklim değışikliği gibi çevresel ve sağlık açısından insanlara ve doğaya ciddi etkileri olabilecek durumlar ile karşılaştığımız için bu durumu etkileyen faktörler üzerinde yoğun bir şekilde durulmaya başlanmıştır. Bu etkin faktörlerin başında da enerji gelmektedir. Enerji tedarik sektörü, küresel sera gazı emisyonlarına en büyük katkıyı yapan sektördür. Bu gelişmeler ışığında toplumlar yalnızca ihtiyaçlarını

gidermek için enerji üretmenin yanı sıra artık çevresel ve sağlık etkilerini de göz önünde bulundurmaya zorundadır. Sürdürülebilir kalkınma ve bağımsız bir devlet olabilmek için tüm sektörlerimize yetecek düzeyde enerjiyi kendimiz üretmeli ve ürettiğimiz enerji sera gazı emisyonları düşük olan kaynaklardan olmalıdır.

Ekonomik büyüme ve sosyoekonomik gelişme için enerji kaynakları büyük önem taşımaktadır (Rahman, Sultana & Velayutham, 2022; Zhao vd., 2022). Gelişmekte olan ülkelerin ekonomik, teknolojik ve sosyoekonomik gelişmişlik seviyelerini arttırabilmeleri, gelişmiş ülkelerin ise bu alanlardaki seviyelerini koruyabilmeleri amacıyla sürekli olarak enerjiye olan ihtiyaç ve enerji tüketimi artmaktadır. Ancak kolay ve düşük maliyetle elde edilmesi sebebiyle (Zheng vd., 2021; Lin, Chen, 2019), fosil enerji kaynaklarının yaygın kullanımının, dünyanın dört bir yanından yapılan binlerce çalışma ile sera etkisine ve bunun sonucunda küresel ısınmaya bir diğer ifadeyle iklim değişikliğine sebep olduğu kanıtlanmıştır (Amjith, Bavanish, 2022; Kural, Ayvaz, 2018; Tong, Chen & Xu, 2022; Kumar, Hailot & Gibout, 2022; Kumar vd., 2022; Lashof, Ahuja, 1990). Dünyamızın sıcaklığı, güneş ışınlarının radyasyonunun dünya tarafından emilme hızı ile ısınan dünyanın ısıyı uzaya geri yayma hızı arasındaki denge ile belirlenir (Kamal, 1997). Atmosferimiz, güneş enerjisinin içeri girmesine izin vererek, sera gazları kızılotesi radyasyonunun uzaya geri kaçışını engelleyerek bir seranın camı gibi davranır. İklim değişikliği, yerkürenin farklı bölgelerinde yükselen deniz seviyeleriyle, artan normal olmayan atmosferik olaylarla, daha sık görülen orman yangınları ve kuraklıkla artık yüksek alarm seviyesinde kendisini hissettirmektedir (Mathew, 2022). Sadece ekonomik olarak düşünecek olursak 2050 yılına kadar iklim değişikliği sebebiyle, küresel ekonomi %10 daralacaktır (Tiwari vd., 2022). Çok daha önemlisi, tümü eridiği takdirde dünyadaki deniz seviyesinin yüzlerce metre yükseltecek Arktik Okyanus ve Antartika'da ki buzullar milyonlarca insanın gelecek yıllarda hayatını tehdit etmektedir (Mathew, 2022).

Küresel ısınmayı 2°C'nin çok altında, hatta 1,5°C'nin altında tutmak gibi ciddi iklim hedeflerinin gerçekleştirilmesi, insanlığın üretim tarzında ve yaşam tarzında aşırı değişiklikler gerektiriyor.

Enerjiye bağlı sera gazı emisyonlarının iklim ısınmasına en büyük katkıyı yaptığı ve buna karşılık enerji sistemlerinin iklim değişikliğinden önemli ölçüde etkilendiği kaçınılmaz bir gerçektir (IPCC, 2018). İstatistiksel olarak, enerji için yanan fosil yakıtlardan kaynaklanan küresel CO<sub>2</sub> emisyonları 2018'de 33.1 gigaton ile tarihi bir yüksekliğe yükseldi. Bu da düşük karbonlu seçeneklerin mevcut yayılımının, daha yüksek ekonomik büyümenin neden olduğu enerji talebindeki artışı karşılamak için yetersiz olduğunu gösteriyor (IEA, 2021). Bu nedenle, enerji sistemlerinde inovasyon, iklim değişikliğini anlamak ve kontrol etmek için önemli araştırmaları çeken bir alandır (Stern, Sovacool & Dietz, 2016).

2015'te, ilk olarak 189 ülke tarafından imzalanan Paris İklim Anlaşması, uzun vadeli sıcaklık artışında en fazla 2°C'yi, hatta mümkünse 1,5 °C'nin altında kalmayı hedeflemektedir (Meinshausen, 2009; Cordroch, Hilpert & Wiese, 2022). Bu hedefe ulaşmak ancak CO<sub>2</sub> emisyonunun azaltılması ile mümkün olabilir. CO<sub>2</sub> emisyonunun azaltılmasında iki temel strateji bulunmaktadır:

1. Fosil yakıtlar yerine, sera gazı emisyon değerleri çok daha düşük olan güneş, rüzgâr, jeotermal vb. yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmek;
2. Enerji arz-talebini daha verimli hale getirmek, yani enerji verimliliğini arttırmaktır.

Çeşitli enerji kaynaklarının yerel ve küresel iklim değişikliği üzerine etkileri çeşitli kaynaklarda analiz edilmiştir (Berardi, Jafarpur, 2020; Eitan, 2021; Zhao vd. 2021; Meia vd., 2020; Chen vd., 2020; Salimifard, 2022; Güzel, Alp, 2020; Bayazıt, 2021). Yenilenebilir enerjinin, enerji tedarik sistemlerinin düşük karbonlu gelişimi için fırsatlar sağlayabileceği ve kapasite ölçeğinin sürekli genişlemesinin gelecekte yenilenebilir enerjinin ekonomik olarak daha rekabetçi hale gelmesini sağlayacağı genel olarak kabul edilmektedir. Enerjinin her geçen gün daha büyük önem taşıması ve buna bağlı olarak atmosferimizin her gün biraz daha kirlenmesinden dolayı yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanım alanının arttırılması gerekmektedir. Ayrıca bu kaynakların performansının arttırılması için sistemsel gelişimlerin sağlanması bir gereklilik haline gelmiştir ve buradan hareketle güneş

enerjisi sistemlerinin ısıl performansını arttırmaya dönük birçok çalışma yapılmıştır (Mercan, Yurddaş, 2019; Yıldırım, Yurddaş, 2021). Güneş enerjisi sistemlerinin kullanılması, yeşil doğa için CO<sub>2</sub> ve SO<sub>2</sub> gibi sera gazı emisyonlarını azaltacaktır (Yurddaş, A. 2020). Rüzgâr enerjisi teknolojisinin yaygınlaşması ve uygulanması ile dünyanın çeşitli ülkelerinde rüzgâr enerjisi ile ilgili araştırmalar yapılmıştır. Son zamanlarda, bilim insanları rüzgâr enerjisi projelerinin yaşam döngüsü enerji performansını ve sera gazı emisyonlarını, Amerika Birleşik Devletleri (Kumar, Tyner & Sinha, 2016), Meksika (Vargas vd., 2015), Ürdün (Gomaa, 2019), Brezilya (Oebels, Pacca, 2013), Japonya (Hondo, 2005), Libya (Al-Behadili, El-Osta, 2015) ve İrlanda için değerlendirmişlerdir (Oliveira, Varum & Botelho, 2019; Forbes, Zampelli, 2019). Çin, en büyük karbon salan ülkedir ve küresel iklim değişikliğini azaltmada belirleyici bir rol oynamaktadır. Bununla birlikte, Çin'in küresel 2°C hedefini karşılaması için 2050 yılına kadar elektrik üretiminin yaklaşık %88,4'ünün yenilenebilir ve nükleer enerjiden gelmesi gerektiğini öngörmüşlerdir (Zhao vd. 2021). Demir ve Taşkın (2013) yaptıkları çalışmada Pınarbaşı-Türkiye örneği üzerinden analiz ettikleri rüzgâr enerjisi emisyonu 0,0097-0,1237 kg/kWh olarak belirlemişlerdir. Hidroelektrik enerjisinin CO<sub>2</sub> emisyonuna etkisi üzerine yapılan çalışmalarda İsviçre örneğinde 3,7-4,5 g/kWh, Japonya örneğinde 18 g/kWh emisyon tespit edilmiştir (Varun, Bhat & Prakash, 2009; Dones, Gantner, 1996). Bayazıt (2021) çalışmasında Gökçeada barajının karbon emisyonunun yıllık 408,533.57 tCO<sub>2</sub> düşürdüğünü raporlamışlardır. Yapılan bir çalışmada, termal güneş enerjisinin emisyon değerleri A.B.D. için 43 gCO<sub>2</sub>/kWh (Tahara, Kojima & Inaba, 1997), başka bir çalışmada İtalya için 13,6 gCO<sub>2</sub>/kWh (Cavallaro, Ciralo, 2006) olarak tespit edilmiştir. Fotovoltaik enerjinin CO<sub>2</sub> emisyonu değerleri, Japonya (53,4 gCO<sub>2</sub>/kWh) (Hondo, 2005), İtalya (50-60 gCO<sub>2</sub>/kWh) (Alsema, 2000), Singapur (165 gCO<sub>2</sub>/kWh) (Kannan vd. 2006), Yunanistan (104 gCO<sub>2</sub>/kWh) (Tripanagnostopoulos vd. 2005) ve Almanya (250/150 gCO<sub>2</sub>/kWh) (Schaefer, Hagedorn, 1992) gibi ülkeler için literatürde çalışmalar mevcuttur. Adam ve Apaydın (2016) yaptıkları çalışmada fotovoltaik

enerjinin Gaziantep örneği için CO<sub>2</sub> emisyonunu düşürmedeki etkisini ortaya koymuştur.

Tüm dünyada artan enerji ihtiyacı ile birlikte etkilerini somut olarak görmeye başladığımız iklim değişikliği sorunuyla mücadele amacıyla çeşitlik girişimler, sosyal, ekonomik, teknik ve bilimsel çalışmalar yapılmaktadır. Sera gazı emisyon değerlerini düşürebilmek için küresel birlikte hareket etmek bir zorunluluktur. Dünyamızı sera gazının olumsuz etkilerinden kurtarabilmek için son olarak Paris Anlaşması oluşturulmuştur. Paris Anlaşması 5 Ekim 2016 itibariyle, küresel sera gazı emisyonlarının %55'ini oluşturan en az 55 tarafın anlaşmayı onaylaması koşulunun karşılanması sonucunda, 4 Kasım 2016 itibariyle yürürlüğe girmiştir. Ülkemiz ise Paris Anlaşması'nı, 22 Nisan 2016 tarihinde, New York'ta düzenlenen Yüksek Düzeyli İmza Töreni'nde 175 ülke temsilcisiyle birlikte imzalamıştır. Türkiye Büyük Millet Meclisi tarafından kabul edilen "Paris Anlaşmasının Onaylanmasının Uygun Bulunduğuna Dair Kanun", 7 Ekim 2021 tarihli ve 31621 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanarak yürürlüğe girmiştir. Anlaşma, sürdürülebilir kalkınma ve yoksulluğun ortadan kaldırılması bağlamında Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi'nin (BMİDÇS) uygulamasını geliştirmeyi hedeflemektedir. Anlaşmanın uzun dönemli hedefi, küresel ortalama sıcaklık artışının sanayileşme öncesi döneme göre 2°C'nin hatta mümkünse 1,5°C'nin altında tutulmasına yönelik küresel çabaların sürdürülmesi olarak ifade etmektedir. İklim değişikliğinin olumsuz etkilerine karşı uyum kabiliyetinin ve iklim direncinin artırılması; düşük sera gazı emisyonlu kalkınmanın temin edilmesi ve bunlar gerçekleştirilirken, gıda üretiminin zarar görmemesi diğer bir temel hedef olarak belirtilmektedir. Son olarak, düşük emisyonlu ve iklim dirençli kalkınma yolunda finans akışının istikrarlı hale getirilmesi hedefler arasında yerini almaktadır.

Türkiye'nin enerji ihtiyacı; büyüyen sanayi, gelişen ekonomi, şehirleşme, refah düzeyinin yükselmesi, hizmet ve ulaşım sektörünün genişlemesi ve nüfus artışının etkisi ile her geçen gün artmaktadır. İmzaladığımız ve küresel sera gazıyla mücadele de yerimizi alarak dünyamızı daha yeşil ve yaşanılır hale getirmek için üzerimize

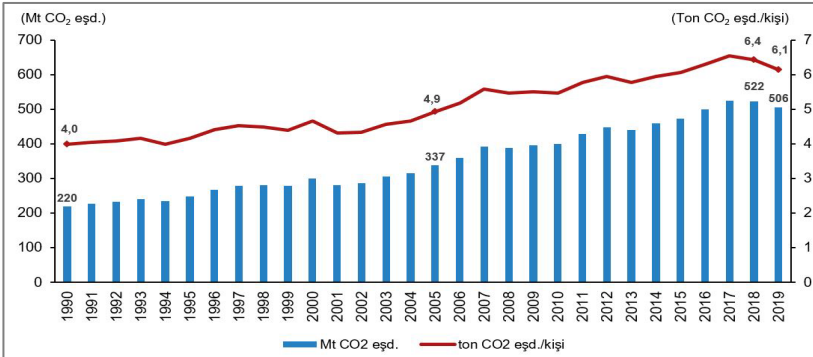


düşenleri yerine mutlaka getirmeliyiz. Ancak artan enerji ihtiyacımız sera gazı emisyon değerlerimizi oldukça arttırmaktadır. Bununla mücadele de birçok parametreyi birlikte hareket ettirmeli ve aynı zaman da ihtiyacımız olan enerjiyi de karşılamalıyız. Hem iklim değişikliğiyle mücadele de hem de büyümeye hızla devam ettiğimiz tüm alanlarda hızımızı kesmeden ve enerji de dışa bağımlılığımızı da azaltmak için yenilenebilir enerji kaynakları ve enerji verimliliği en önemli araçlardır. Yenilenebilir enerji kaynakları ve enerji verimliliği, Türkiye'nin büyümesini sürdürmesi ve aynı zamanda iklim değişikliği ve çevresel sürdürülebilirlik konusundaki taahhütlerini yerine getirebilmesi için kritik öneme sahiptir.

### Enerji Sektörü ve Sera Gazı Emisyonları

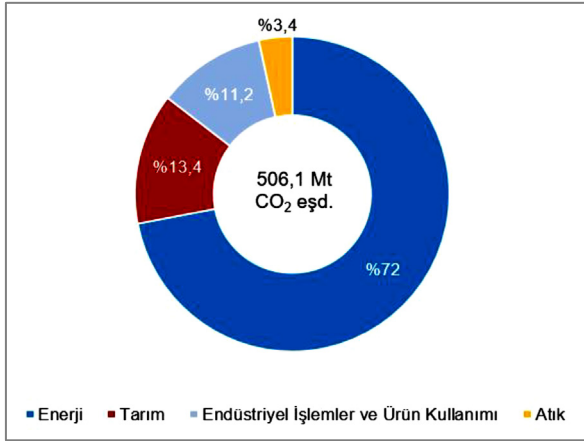
Sera gazının yıllık gelişim süreci ve bu sürecin sektörel olarak dağılımının tespiti bu emisyon problemin çözümü konusunda öncelikli yapılması gerektirir. Sera gazı envanter sonuçları incelendiğinde (Şekil 1) toplam sera gazı emisyon değerlerinin genellikle her geçen yıl artarak ilerlediğini ancak 2019 yılında 2018 yılına göre %3,1 azaldığını ve 506,1 milyon ton CO<sub>2</sub> eşdeğerine düştüğü görülmektedir. Kişi başına düşen sera gazı emisyonuna baktığımızda 1990 yılı için 4 ton CO<sub>2</sub> eşdeğeri, 2005 yılı için 4,9 ton CO<sub>2</sub> eşdeğeri, 2018 yılı için 6,4 ton CO<sub>2</sub> eşdeğeri ve 2019 yılı içinde 6,1 ton CO<sub>2</sub> eşdeğeri olduğunu görmekteyiz. Toplam ve kişi bazlı emisyon değerlerine baktığımızda bazı yıllarda düşüş yaşanmış olsa da yıllar geçtikçe hiç istenilmeyen noktalara ilerlediği görülmektedir.

**Şekil 1: Toplam ve Kişi Başı Sera Gazı Emisyonu (TÜİK, 2021)**



Sektörel olarak sera gazı emisyonlarını incelediğimizde (Tablo 1), enerji sektörü insan faaliyetlerinden kaynaklı olarak sera gazı emisyonlarında en büyük payı oluşturmaktadır. 2019 yılına baktığımızda emisyonların %72'sini enerji sektörü, %13,4'ünü tarım sektörü, %11,2'sini endüstriyel işlemler ve %3,4'ünü de atık sektörü oluşturmaktadır (Şekil 2).

Şekil 2: Sektörlere Göre Sera Gazı Emisyonu 2019 Yılı Oranları (TÜİK, 2021)



Tablo 1'den enerji sektörünün yıllık emisyon değerlerini karşılaştırdığımızda; 2019 yılında enerji sektörünün emisyonlarının değeri 1990 yılına kıyasla %161 artarken 2018 yılına göre de %2,3 civarında azalma göstermiş ve 364,4 milyon ton CO<sub>2</sub> eşdeğeri olmuştur. Enerji sektörünün emisyon değerleri 1990 yılından bu yana her yıl artarak giderken, enerji sektöründeki çevresel bilincin artmaya başlamasından kaynaklı olarak 2018 ve 2019 yıllarında düşüş meydana gelmiştir. Bu emisyon değerlerindeki düşüş yeterli olmamakla beraber emisyonların giderek çok daha fazla azalması için enerji sektöründeki çalışmaların ve bilinçlenmenin artarak devam etmesi gerekmektedir.

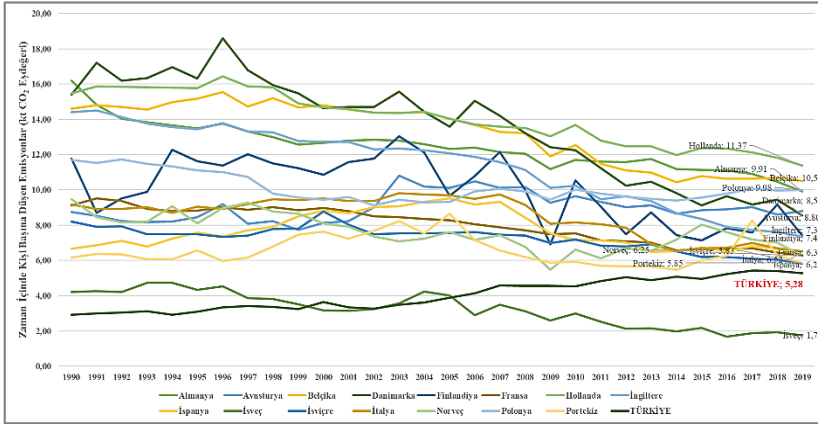
Seçilmiş bazı ülkelerin 1990-2019 yılları arasındaki kişi başına sera gazı emisyon değişimlerine baktığımızda Ülkemizin değerlerinin diğer ülkelerin aksine her yıl artmış olduğunu görmekteyiz (Şekil 3). Sanayimizin hızla büyümesi, toplum refah düzeyinin yükselmesi, hizmet sektörünün güçlenmesi ve nüfus artışı gibi etkenlerden

kaynaklı olarak Ülkemizin enerji kullanımı gelişmiş ülkelere göre daha hızlı artmaktadır ve bu sebeple de emisyon değerlerimiz her yıl artış göstermektedir.

**Tablo 1: Sektörlere Göre Sera Gazı Emisyonları (TÜİK, 2021)**

Sektör/ Yıllar	1990	2000	2010	2015	2016	2017	2018	2019	1990 2019	2018 2019
Enerji	139,6	216,1	287,0	340,9	359,7	379,9	373,1	364,4	161,0	-2,3
Endüstriyel İşlemler ve Ürün Kullanımı	22,8	26,2	48,1	57,2	61,4	64,0	65,9	56,4	147,1	-14,3
Tarım	46,1	42,3	44,4	56,1	58,9	63,3	65,3	68,0	47,7	4,1
Atık	11,1	14,3	19,5	19,0	19,0	17,8	18,1	17,2	55,7	-5,0
Toplam Emisyon	219,6	299,0	399,1	473,3	498,9	525,0	522,5	506,1	130,5	-3,1

**Şekil 3: Bazı Ülkelerin Sera Gazı Emisyon Değerlerinin Yıllara Göre Değişimi (EEA, 2021)**

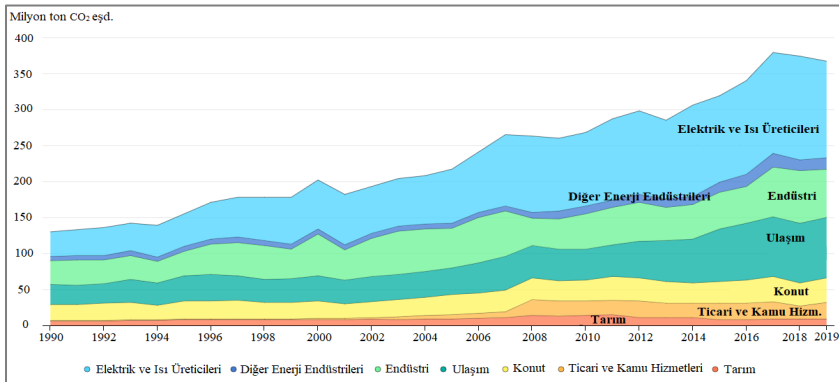


2018 yılında enerji ile ilgili sektörlerde tahmini sera gazı emisyonları, 2000 yılından bu yana yaklaşık %86 artarak 373,1 milyon ton eşdeğeri CO<sub>2</sub> emisyonu meydana gelmiştir (Şekil 4). Türkiye'nin enerji ile ilgili sektörel CO<sub>2</sub> yayılımlarını incelediğimizde; elektrik ve ısı üretimi, 2018'deki toplam emisyonların %39'unu oluşturarak en büyük CO<sub>2</sub> yayan sektördür. Geri kalanını %22 ile ulaşım, %19 ile sanayi, %9

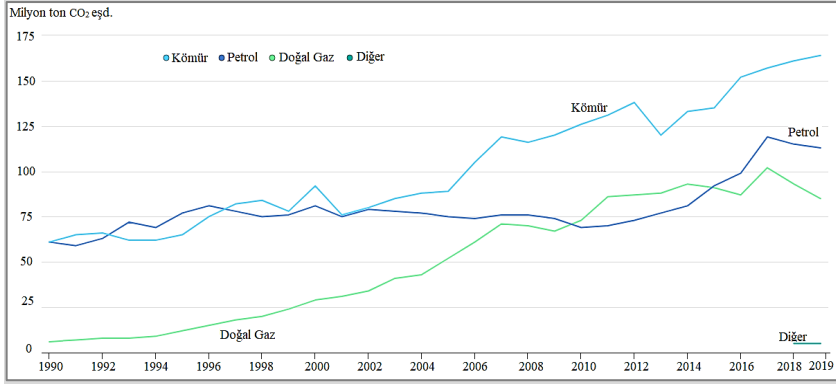
ile konut, %7 ile hizmetler ve %4 ile diğer enerji endüstrileri oluşturmaktadır. Emisyonlar, özellikle 2012 yılından sonra 2017 yılına kadar hızlı bir artış göstermiştir. Son yıllarda elektrik üretimi, ulaşım ve sanayideki hızlı artışların etkisiyle emisyon değerlerinde ciddi artışlar görülmektedir.

Enerji sektöründeki emisyonların 1990-2019 yılları arasındaki fosil yakıtlardan kaynaklanan sürecine Şekil 5'den bakabiliriz. Çoğu elektrik üretiminde kömür kullanımından kaynaklanmıştır. Kömür, 2018 yılında 161 milyon CO<sub>2</sub> eşdeğeri emisyonu ile toplam emisyonların %43'ünü oluşturarak en büyük CO<sub>2</sub> emisyonu kaynağı olmuştur. Elektrik üretimi emisyonlarındaki istikrarlı büyüme (Şekil 5), kömür kaynaklı emisyonlardaki artış ile örtüşüyor. Ayrıca, artan gaz elektrik üretimi ile doğal gaz emisyonları artmıştır, ancak son yıllarda azalma göstermiştir. Petrolle ilgili emisyonlar, 2018 yılındaki toplam petrol emisyonlarının yaklaşık %66'sını oluşturan ulaşım emisyonlarıyla yakından ilişkilidir. 2018 yılında 2017 yılına göre petrolden kaynaklı CO<sub>2</sub> emisyonlarında yaklaşık %3, doğal gaz emisyonlarında ise yaklaşık %10 düşüş yaşanmıştır. 2019 yılında, doğal gaz kaynaklı oluşan belirgin emisyon düşüşü, Şekil 5'den de görüleceği üzere elektrik üretimindeki 2018 yılına göre yaklaşık %39'luk doğal gaz talebinin azalmasından kaynaklanmıştır. Buna karşılık kömür kaynaklı emisyonlar artmıştır.

**Şekil 4:** Sektörlerin Enerji ile İlgili CO<sub>2</sub> Emisyonları, 1990-2019 (IEA, 2021)

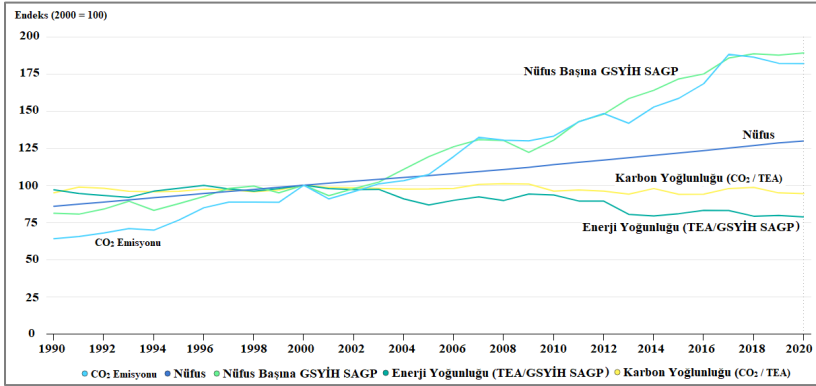


Şekil 5: Enerji Kaynağına Göre Enerji ile İlgili CO<sub>2</sub> Emisyonları, 1990-2019 (IEA, 2021)



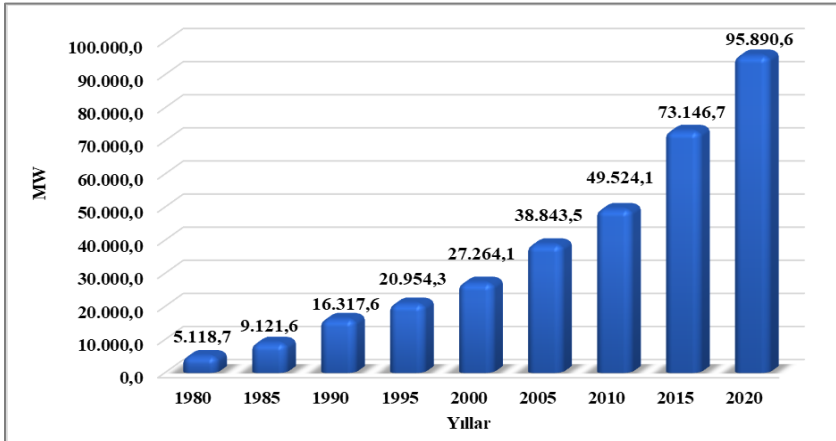
Şekil 6 üzerinden karbon emisyon süreciyle birlikte etken faktörlerin durumunu inceleyebiliriz. Ülkelerin fosil yakıtlardan kaynaklanan toplam CO<sub>2</sub> emisyonları, ekonominin enerji yoğunluğu (Toplam Enerji Arzı (TEA)/Gayri Safi Yurtiçi Hasıla (GSYİH)) ile enerji arzının karbon yoğunluğundaki (CO<sub>2</sub>/TEA) değişiklikler ile birlikte nüfus ve ekonomik kalkınma (GSYİH/Kişi, Satın Alma Gücü Pariteleri (SAGP) cinsindedir) verileri tarafından yönlendirilir. Yıllık verilere dayalı olarak hesaplanan bağımsız yıllık GSYİH, zincirlenmiş hacim endeksiyle Türkiye'nin 2020 yılında bir önceki yıla göre %1,8 artmıştır. Türkiye'nin üretim yöntemine göre cari fiyatlarla 2020 yılı GSYİH, 2019 yılına göre %16,9 artmış ve 5 trilyon 46 milyar 883 milyon TL olmuştur. 2000 yılından 2018 yılına kadar da kişi başına GSYİH %88, nüfusumuz ise %27 artmıştır. 2019 yılında ise yıllık nüfus artış hızımız %1,39 olurken, 2020 yılında ise %0,55 olmuştur (TÜİK, 2021). Enerji arzının karbon yoğunluğu diğer etkenlere kıyasla nispeten sabit kalmıştır ve ekonominin enerji yoğunluğunda biraz azalma meydana gelmiştir. Bu eğilimler ile birlikte, enerjiyle ilgili CO<sub>2</sub> emisyonlarında 2000 yılından 2018 yılına kadar %86, 1990 yılından 2019 yılına kadar da %161 civarında artış meydana getirmiştir. Şekil 6'dan da görüleceği üzere CO<sub>2</sub> emisyon değerleri ekonomi ve nüfus artışına bağlı olarak artarken, enerji arzının karbon yoğunluğu ise sabit kalmıştır.

Şekil 6: Karbon Emisyonları ve Etken Faktörler (IEA, 2021)



Sera gazı emisyonları enerji sektöründe en yüksek oranı oluşturmaktadır, insanlar yaşam standartlarını koruyabilmek ve arttırabilmek için enerji olmazsa olmazdır ve her geçen gün enerji kullanımı teknoloji gelişimiyle birlikte artmaktadır. Ülkemizin 1980 yılında kurulu gücü 5118,7MW, 2000 yılında 27267,1 MW, 2015 yılında 73146,7 MW iken 2020 yılında 95890,6 MW olarak tespit edilmiştir (Şekil 7).

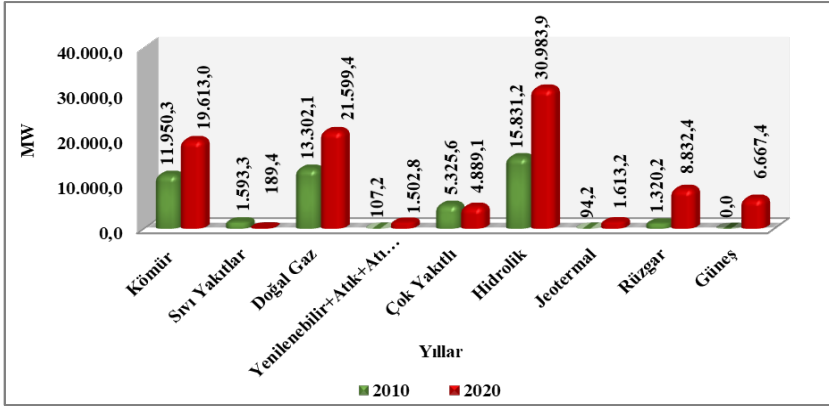
Şekil 7: Türkiye Kurulu Gücünün Yıllar İtibariyle Gelişimi (TEİAŞ, 2021)



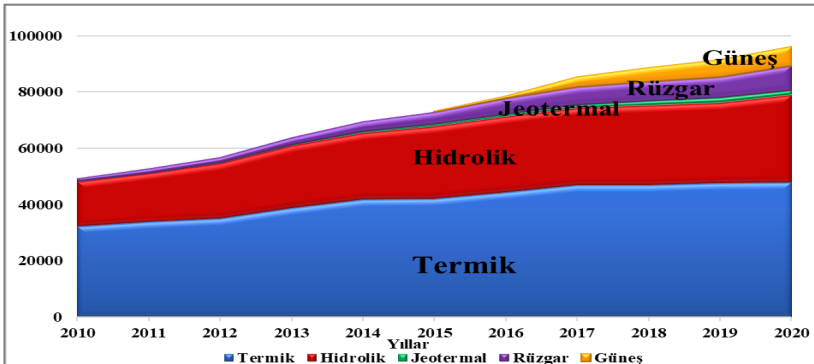
Bu kurulu gücümüzün birincil enerji kaynaklarına göre dağılımına ve gelişimine baktığımızda (Şekil 8, Şekil 9 ve Şekil 10), 2010 yılında kurulu gücümüz fosil kökenli yakıt olması durumunda %65 civarındayken, 2020 yılında yaklaşık %49 olmuştur. Fosil kökenli

Yakıtlardaki oranın azalması olumlu bir gelişmedir. Bunlara karşı emisyon değerleri çok daha düşük olan çevreci yenilenebilir enerji kaynaklarının artışı görmektediriz. Kurulu gücümüzde birincil enerji kaynağımız olarak; 2010 yılında hidrolik enerji %31,97, jeotermal enerji %0,19, rüzgâr enerjisi %2,67 ve güneş enerjisi %0 civarındayken; 2020 yılında bu durum hidrolik enerjinin %32,31, jeotermal enerjinin %1,68, rüzgâr enerjisinin %9,21 ve güneş enerjisinin ise %6,95 civarında olduğunu görmektediriz (Tablo 2). Yenilenebilir enerji kaynaklarımız 2020 yılında kurulu gücümüzün %51,31'ini oluşturması oldukça olumlu bir gelişmedir, bu durumun daha da artarak devam etmesi ve yaygınlaştırılması gerekmektedir.

**Şekil 8:** 2010 ve 2020 Yılları için Birincil Enerji Kaynaklarına Göre Türkiye Kurulu Gücü (TEİAŞ, 2021)



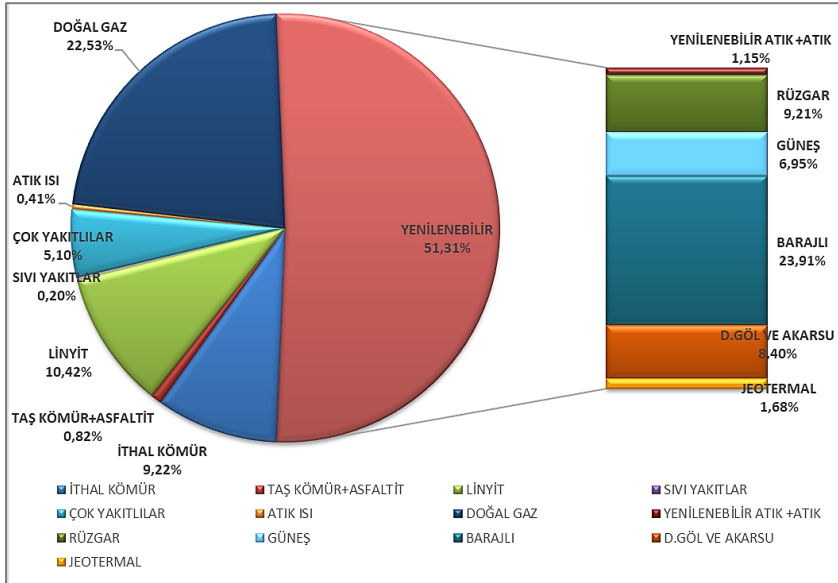
**Şekil 9:** Birincil Enerji Kaynaklarına Göre Türkiye Kurulu Gücü (TEİAŞ, 2021)



**Tablo 2:** 2010 ve 2020 Yılları için Birincil Enerji Kaynaklarına Göre Türkiye Kurulu Gücünün Değişimi (TEİAŞ, 2021)

	2010	%	2020	%
Kömür	11.950	24,13	19.613	20,45
Sıvı Yakıtlar	1.593	3,22	189	0,20
Doğal Gaz	13.302	26,86	21.599	22,53
Yenilenebilir +Atık + Atık Isı	107	0,22	1.503	1,57
Çok Yakıtlı	5.326	10,75	4.889,1	5,10
Hidrolik	15.831	31,97	30.983,9	32,31
Jeotermal	94	0,19	1.613	1,68
Rüzgâr	1.320	2,67	8.832	9,21
Güneş			6.667	6,95
<b>Toplam</b>	<b>49.524</b>	<b>100,00</b>	<b>95.891</b>	<b>100</b>

**Şekil 10:** Birincil Enerji Kaynaklarına Göre Türkiye Kurulu Gücünün Dağılımı-2020 (TEİAŞ, 2021)

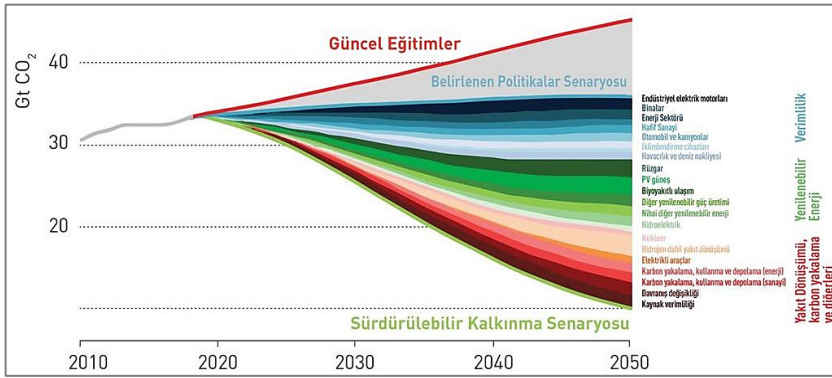


Ülkemizin 2050 yılı projeksiyonunda sürdürülebilir enerji hedeflerine ulaşabilmesi için yenilenebilir enerji kaynakları ve enerji verimliliği



hayati önem taşıyan stratejik etkenlerdir (Şekil 11). Yenilenebilir enerji ve enerji verimliliği sera gazı emisyon değerlerinin azaltarak çevresel ve sağlık açısından olumlu gelişmeler oluşturacağı gibi çok yüksek olan enerjide dışa bağımlılığımızı azaltmak içinde stratejik önem taşımaktadır. Sera gazı emisyon değerleri fosil kaynaklara göre daha düşük olan nükleer enerjinin de dışa bağımlılığımız hususunda çok önemli bir etken olacağını ifade etmek gerekir. Sera gazı emisyon değerlerimizi düşürüp Paris Anlaşmasına uyum sağlamak ve enerjide dışa bağımlılığımızı azaltmak için yenilenebilir enerji kaynaklarımızın alanını ve potansiyelini arttırmak; ayrıca enerji verimliliği ve enerji tasarrufu konusunda da kaynaklarımızın sektörel kullanımı ile yapılması gerekenleri incelemek gerekir. Bunlar için vakit kaybetmeden gerekli yaptırımlar ile bu yolda hızla ilerlemek durumundayız. Bu konularda ilgili kurumlarımız tarafından çok ciddi ve olumlu çalışmalar yapılmakla birlikte hedefe ulaşabilmek için yaptırımlar net olarak ortaya konmalıdır ve tavizsiz bir şekilde bu çizgide sürdürülebilir enerji hedeflerimize ilerlemek durumundayız.

**Şekil 11: 2050 Projeksiyonunda Ülkemizin Enerji Hedeflerine Ulaşma Faktörleri (EVÇED, 2021)**

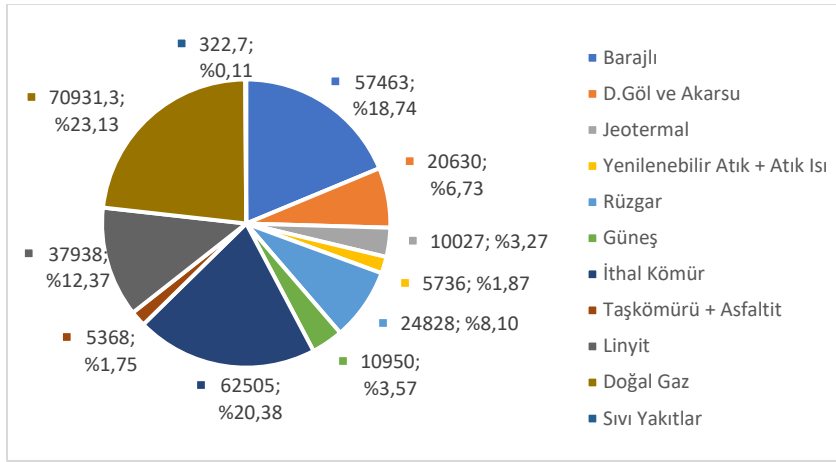


## İklim Değişikliği Mücadelesi İçin Yenilenebilir Enerji

Sanayimizin her geçen gün gelişmesi ile üretimimizin artması ve nüfus artışı ile birlikte elektrik enerjisi üretimimizde her geçen yıl artış meydana gelmektedir. Elektrik enerjisi üretimimizin kaynaklara göre dağılımı Şekil 12'de gösterilmektedir. Ülkemiz, ekonomisi üzerinde ağır bir yük oluşturan ithal enerji kaynaklarından kömür, doğal

gaz ve petrol gibi kaynaklara bağlıdır. Kömür, Ülkemizin birinci en büyük enerji kaynağı olmasına rağmen yüksek enerji ihtiyacımızı karşılayabilmek için ithal kömür oranı da oldukça yüksektir. Ülkemizin yenilenebilir enerji kaynak potansiyeli oldukça yüksek olup, her tür yenilenebilir enerji kaynağımız mevcuttur.

**Şekil 12: Türkiye Elektrik Enerjisi Üretiminin Kaynaklara Göre Dağılımı-2020 (TEİAŞ, 2021)**



Başlıca yenilenebilir enerji kaynakları hidrolik, güneş, rüzgâr, biyokütle, jeotermal ve dalga enerjisidir. Paris Anlaşması ile hedeflerin belirlendiği sıcaklık değişimlerinin yakalanabilmesi ve iklim değişikliğinin etkilerini azaltabilmek için eylem büyük önem taşımaktadır. Bu hedeflerde düşük karbonlu bir enerji sektörüne geçiş mutlaka gereklidir. Yenilenebilir enerji, diğer önlemler ile birleştiğinde 2050 yılına kadar ihtiyaç duyulan sera gazı emisyon değerlerinin çok büyük oranda azaltılmasını ve iklim değişikliğinin hafifletilmesini sağlayacaktır. Tablo 3'te fosil yakıtların ve bazı yenilenebilir enerji kaynaklarının CO<sub>2</sub> emisyon değerleri (gCO<sub>2</sub>/kWh) görülmektedir. Görüldüğü üzere yenilenebilir enerji kaynaklarının CO<sub>2</sub> emisyonu, fosil yakıtlara oranla oldukça düşüktür. Geleneksel enerji kaynaklarından nükleer enerji de fosil kaynaklarla kıyaslandığında, 24,2 gCO<sub>2</sub>/kWh CO<sub>2</sub> emisyonu ile karbon emisyon değerleri düşük bir enerji türüdür.

**Tablo 3:** Geleneksel ve Bazı Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının CO<sub>2</sub> Emisyon Değerleri (Varun, Bhat & Prakash, 2009)

Geleneksel Sistemler		Yenilenebilir Sistemler	
Sistem	Emisyon (gCO <sub>2</sub> /kWh)	Sistem	Emisyon (gCO <sub>2</sub> /kWh)
Kömür	975,3	Rüzgâr	9,7-123,7
Petrol	742,1	Güneş PV	53,4-250
Doğal Gaz	607,6	Biyokütle	35-178
Nükleer	24,2	Güneş Isıl	13,6-202
		Hidrolik	3,7-237

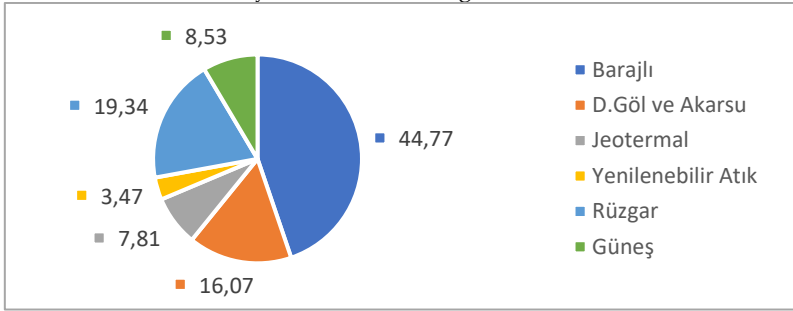
Ülkemiz Paris Anlaşmasına uygun olarak ulusal katkı niyetini 30 Eylül 2015'te bildirmiştir. Ülkemizin ulusal katkı niyetinde referans senaryoya göre sera gazı emisyonlarının 2030 yılında artıştan %21 oranında azaltılması belirtilmiştir (ÇŞB,2022). Ülkemizin bu hedeflerine ulaşabilmesi için en önemli araçlardan birisi de yenilenebilir enerji kaynaklarıdır. Ülkemiz bu kaynakları kullanma eğilimi açısından ciddi bir yol almıştır. Sera gazı emisyon değerleri geleneksel enerji kaynaklarına göre çok düşük olan yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının artması ve geleneksel kaynakların kullanımının azaltılması ile bu hedefe çok daha sağlıklı ve ciddi bir yaklaşım sergileyebiliriz.

Ülkemizin yenilenebilir enerji tüketimi, hidrolik, rüzgâr ve güneş enerjisindeki büyüme ile son yıllarda artmıştır. 2018 yılında elektrik enerjisi üretimimizin, %37,16'sı kömürden, %30,34'ü doğal gazdan, %19,66'sı hidrolik enerjiden, %6,54'ü rüzgâr enerjisinden, %2,56'sı güneş enerjisinden, %2,44'ü jeotermal enerjiden ve %1,3'ü de diğer enerji kaynaklarından elde edilmiştir. Elektrik enerjisi üretimimizde yenilenebilir enerji kaynaklarımızın payı 2018 yılında yaklaşık %32 civarındadır. 2019 yılında ise elektrik enerjisi üretimimizin kaynaklara göre dağılımı; %37,14'ü kömür, %18,85'i doğal gaz, %29,22'si hidrolik enerji, %7,15'i rüzgâr enerjisi, %3,04'ü güneş enerjisi, %2,95'i jeotermal enerjisi ve %1,63'ü ise diğer enerji kaynakları şeklindedir ve böylece elektrik enerjisi üretimimizde yenilenebilir enerji kaynaklarımızın payı 2019 yılında yaklaşık %44 civarındadır (ETKB, 2021). 2020 yılında da bu değerleri Şekil 12 üzerinden görmekteyiz ve 2020 yılı

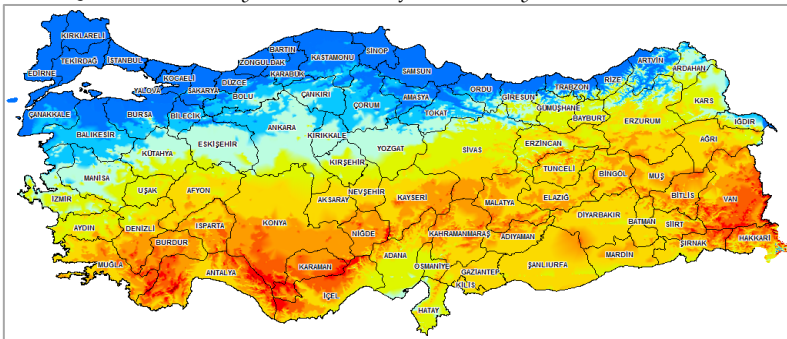
itibariyle elektrik enerjisi üretimimizin yaklaşık %42'si yenilenebilir enerji kaynaklarımızdan elde edilmiştir. 2020 yılında 2019 yılına göre yenilenebilir enerji kaynaklarımızın payı bir miktar azalmış olsa da bu durum 2020 yılında tüm dünyamızı etkisi altına alan Covid-19 salgınından dolayı gerekli ve yeterli çalışmaların yürütülemediği olmasından kaynaklanmaktadır.

Yenilenebilir enerji kaynaklarımızın elektrik üretimimizdeki payının artması çok önemli ve olumlu bir gelişmedir. Şekil 13'te de ülkemizin elektrik enerjisi üretimindeki yenilenebilir enerji kaynaklarımızın dağılımını görmekteyiz. Ülkemizin coğrafi konumundan dolayı yüksek güneş enerjisi potansiyeli (Şekil 14) sebebiyle yenilenebilir enerji sistemleri arasında güneş enerjisinin %8,53'lük payı oldukça düşüktür. Ayrıca elektrik enerjisi üretimimizdeki güneş enerjisinin payı da %3,57 ile çok düşüktür.

**Şekil 13:** Türkiye'nin 2020 Yılı Yenilenebilir Enerji Kaynaklarından Elektrik Enerjisi Üretiminin Dağılımı (TEİAŞ, 2021)

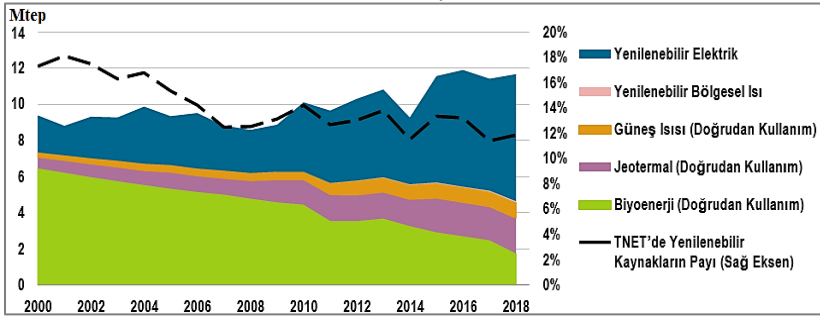


**Şekil 14:** Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyeli (ETKB, 2021)



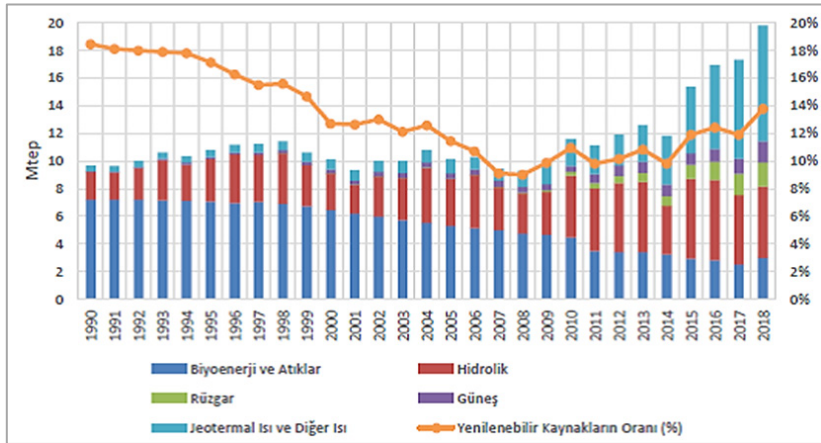


**Şekil 16:** Türkiye'nin 2000-2018 Yılları Arasında Toplam Nihai Enerji Tüketiminde Yenilenebilir Enerjinin Durumu (IEA, 2021)

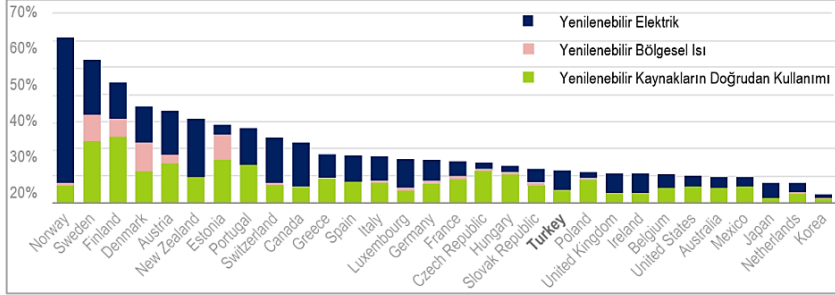


Son yıllarda yenilenebilir enerji kaynaklarının büyümesi fosil yakıtlardaki büyümeden daha hızlı olmuştur. Bu nedenle, toplan yenilenebilir enerji tüketiminde oluşan büyümeye rağmen yenilenebilir enerji kaynaklarının TNET içerisindeki payında biraz düşüş meydana gelmiştir (Şekil 17). 2018 yılı itibariyle TNET'de ki %13,8'lik pay ile yenilenebilir enerji kaynaklarımızın payı International Energy Agency (IEA) üye ülkeleri arasında alt sıralarda yer almasına sebep olmuştur (Şekil 18).

**Şekil 17:** Yıllara Göre Yenilenebilir Enerji Kaynaklarından Brüt Enerji Üretimi ve Birincil Enerji Tüketiminde Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Oranı (EİGM, 2021)



**Şekil 18:** IEA Ülkelerinde 2018 Yılı TNET’de Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Payı (IEA, 2021)



Yenilenebilir enerji kaynakları kullanımını teşvik etmemiz, kullanım alanlarını genişletmemiz iklim değişikliği ile mücadele kapsamında mutlak bir araçtır. Bu amaçla yenilenebilir enerji kaynakları ve sistemlerinin kullanımının artırılması için 2005 senesinde 5346 numaralı “Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun” ile 2007 yılında 5686 numaralı “Jeotermal Kaynaklar ve Doğal Mineralli Sular Kanunu” çıkarılmıştır. Ancak; sanayimizin ve ekonomimizin sürekli ve hızla büyümesi, artan nüfus artışı ve bunlara paralel olarak gelişen teknoloji beraberinde artan bir enerji ihtiyacını oluşturmaktadır. Ülkemiz yenilenebilir enerji kaynakları açısından oldukça avantajlı bir coğrafi konuma sahiptir. Bu avantajımızı kullanarak enerji ihtiyacımızı sera gazı emisyonu fosil kaynaklara göre çok düşük olan bu kaynaklardan sağlamalı ve tüm alanlara yaymalıyız. Yalnızca doğrudan elektrik enerjisi kullanımı olarak değil, ısıtma ve ulaşım alanlarında da kullanarak bu avantajımızı hayata geçirmeliyiz. YEKDEM sistemi çok önemli olmakla birlikte uygulama alanlarını, teşvikleri ve gerektiğinde belirlenecek alanlar ve sektörlere göre bu kaynakların kullanımını zorunlu hale getirmeliyiz. Yenilenebilir enerji kaynaklarından yararlanabilmek için oluşturulan tüm sistemlere ait elemanların yerli ve milli üretimine derhal geçilmeli ve bu kaynakların kullanılması durumunda amortisman süresini en düşük seviyelere çekmeliyiz. Böylece yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı tüm toplumumuza yayılarak, sera gazı emisyon değerlerimizin ciddi miktarlarda azalması sağlanabilir.

Yenilenebilir enerji kaynaklarımızın kullanımını arttırmak için yapılması gerek en önemli adımlardan birisi de bu sistemlerin ekipmanlarının yerli üretiminin gerçekleştirilmesidir. Böylece amortisman süresi azalacak ve kullanımı toplumun tüm kesimlerine dağılacaktır. Bu tip sistemlerde amortisman süresi iki yıl veya altına düşürülmelidir. Öncelikle yüksek meblağlar ödeyerek amortisman sürelerimizi arttıran kritik ekipmanlar belirlenmeli ve bunların yerli üretimi için derhal gerekli politikalar oluşturulmalıdır. Bakanlık, üniversiteler ve sanayi birlikte bu üretim sürecini hızlıca millileştirmelidir. Aksi halde amortisman süresi yüksek olması durumunda ömrü kısa olan bu yenilenebilir enerji sistemlerinin kullanım alanını genişletmek gerçekçi bir durum olamaz.

### **İklim Değişikliği Mücadelesi İçin Enerji Verimliliği ve Enerji Tasarrufu**

Enerji verimliliği, binalarda yaşam standardı ve hizmet kalitesinin, endüstriyel işletmelerde ise üretim kalitesi ve miktarının düşüşüne yol açmadan, birim veya ürün miktarı başına enerji tüketiminin azaltılmasıdır. Yaşam standartlarımızı, konforumuzu, üretim kalitemizi azaltmadan aynı miktarda işi daha az enerji kullanarak yapabilmektir. Enerji tasarrufu ve verimliliği, enerji arz güvenliğinin sağlanması, dışa bağımlılık risklerinin azaltılması, çevrenin korunması ve iklim değişikliğine karşı mücadelenin etkinliğinin artırılmasının sağlanması gibi ulusal strateji hedeflerimizin ve enerji politikalarımızın en önemli bileşenlerinden biridir (ETKB, 2021). Sadece Ülkemiz değil, bütün ülkeler sürdürülebilir kalkınma için enerji verimliliği çalışmalarına yönelmiştir. Enerji verimliliği ile enerji maliyetleri hafifletilebilir, enerjide dışa bağımlılıktan kaynaklanan riskler azaltılabilir ve enerji arz güvenliğinin sağlanmasına katkı sunarak, düşük karbonlu faaliyetler ile çevrenin korunması gibi stratejik hedefler desteklenebilir.

Ülkemizde enerji verimliliğine dönük faaliyetler birçok kurumumuz tarafından sürdürülmektedir. Enerji verimliliği çalışmalarımız 2007 yılında çıkarılan 5627 numaralı “Enerji Verimliliği Kanunu” ile etkinleştirilmiştir. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığımız



tarafından 2018 yılında “Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planı (2017-2023) (UEVEP)” yürürlüğe girmiştir. Bu alandaki çalışmalarını izlemek ve yönlendirmek amacıyla “Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planı İzleme ve Yönlendirme Kurulu” 2019 yılında kurulmuştur. Ayrıca 2020 yılında Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Enerji Verimliliği ve Çevre Dairesi Başkanlığı tarafından “Enerji Verimliliği Stratejik İletişim Planı” oluşturulmuştur. Enerji Verimliliği için kurumlarımız tarafından yapılan kamusal ve kanunî düzenlemeler Tablo 4’te özetlenmiştir.

Enerji verimliliği, ‘Enerji Yoğunluğu’ değerleri ile ölçülmekte ve karşılaştırılmaktadır. Enerji yoğunluğu, ülke veya bölge bazında bir birim GSYİH üretebilmek için ne kadar enerji gerektiğini ölçen bir enerji verimliliği göstergesidir. Gerekli enerji miktarı, ülkede toplam arz edilen, dönüşüme uğramamış enerji cinsinden ise birincil enerji yoğunluğundan; sanayi, konut, ulaştırma gibi sektörlerin nihai olarak tükettiği enerji cinsinden ise nihai enerji yoğunluğundan söz edilir. Enerji yoğunluğundaki eğilim; ekonomi ve sanayideki yapısal değişiklikler, enerji tüketim yapısındaki değişimler, sektörlerin verimlilik gelişimi ve nihai kullanıcıların tercih ettiği cihaz ve ekipman gibi unsurlardan etkilenmektedir (EVÇED, 2021).

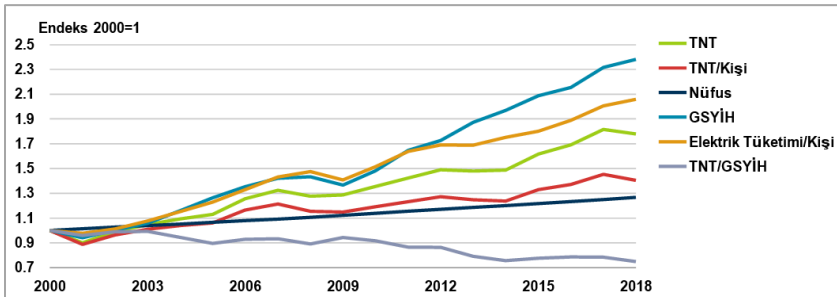
*Tablo 4: Enerji Verimliliği Çalışmaları İçin Ülkemizde Yapılan Kamusal ve Kanunî Düzenlemeler*

Düzenleme	Tarih
Enerji Verimliliği Kanunu (5627)	2007
Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği	2008
Binalarda Isı Yalıtımı Yönetmeliği	2008
Ulaşımında Enerji Verimliliğinin Artırılmasına İlişkin Usul ve Esaslar Hakkında Yönetmelik	2008 (2019)
Türkiye İklim Değişikliği Strateji Belgesi 2010-2023	2010
Enerji Kaynaklarının ve Enerjinin Kullanımında Verimliliğin Artırılmasına Dair Yönetmelik	2011 (2020)
Enerji Verimliliği Strateji Belgesi 2012- 2023	2012
Onuncu Kalkınma Planı 2014-2018 (Enerji Verimliliğinin Geliştirilmesi Programı Eylem Planı)	2013
Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planı 2017-2023	2018

Düzenleme	Tarih
Enerji Verimliliği Denetim Yönetmeliği	2018
Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planı İzleme ve Yönlendirme Kurulu	2019
On Birinci Kalkınma Planı 2019-2023	2019
Enerji Verimliliği Stratejik İletişim Planı	2020

Türkiye, diğer IEA üyesi ülkelere kıyasla düşük enerji yoğunluğuna sahiptir. Ancak ekonomik kalkınma, nüfus artışı, hizmet sektörünün güçlenmesi, refah düzeyinin yükselmesi ve sanayimizin hızla büyümesi gibi etkenlerden kaynaklı olarak Ülkemizin enerji kullanımındaki artış gelişmiş ülkelere kıyasla daha hızlı olmaktadır. Ülkemizin nüfusu 2000 yılından 2018 yılına kadar yaklaşık %27 artarken, SAGP ile ölçülen GSYİH iki katından fazla artarak %88 civarında büyümüştür (Şekil 19). 2008 yılındaki küresel mali kriz, 2007-09 döneminde GSYİH’de %4’lük bir düşüşe yol açmıştır ve bu da toplam nihai tüketimin (TNT) yaklaşık %3 oranında düşmesine neden olmuştur ve ekonomik büyümenin enerji talebi üzerindeki etkisini göstermiştir. Ancak hem GSYİH hem de enerji tüketimi 2010 yılında kriz öncesi seviyelerin üzerine çıkmıştır. Toplam nihai tüketim, sanayi ve konut sektörlerindeki tüketimin bir miktar düştüğü 2013 yılındaki düşüş dışında, son yıllarda hızlı bir şekilde artmıştır. Ülkemizin toplam enerji tüketimi, nüfus ve ekonomik büyümeye paralel olarak artıyor. Ancak, enerji yoğunluğu (TNT/GSYİH) 2000 yılından bu yana yaklaşık %25 oranında azalmıştır (IEA, 2021).

Şekil 19: Enerji Tüketimi ve Etkenler (IEA, 2021)



Ülkemizin yürütülen faaliyetlere rağmen enerji verimliliğinin ekonomik bir ifadesi olan enerji yoğunluğu gelişmiş ülkelere göre daha yüksektir (Tablo 5). Ülkemizin 2015 yılında birincil enerji yoğunluğu (2010 yılı dolar fiyatlarıyla 1000 ABD Doları başına) 0,12 tep'dir. Enerji yoğunluğumuz, dünya enerji yoğunluğu ortalaması 0,17 değerine kıyasla düşüktür, ancak OECD ülkelerinin enerji yoğunluğu ortalaması olan 0,10 değerine kıyasla yüksektir. 28 üyeli AB'nin enerji yoğunluğu ortalaması 0,09 olup, bu üye ülkelerde enerji yoğunluğu en iyi olan ülke 0,08 değeriyle Almanya'dır. Enerji yoğunluğu oldukça iyi olan bir diğer ülke de 0,07 değeriyle Japonya'dır. Ülkemiz yüksek katma değer sağlayabilmek için enerji tüketimini azaltmalı ve enerji verimliliği çalışmalarında etkinliğini daha da arttırmalıdır. Ülkemizin 2020 yılı birincil enerji yoğunluğu 0,145 tep/bin 2015\$, nihai enerji yoğunluğu ise 0,112 tep/bin 2015\$ olarak hesaplanmıştır. Tablo 6 üzerinde belirtilen yıllara göre birincil ve nihai enerji yoğunluğu verileri gösterilmektedir. Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planı ile bütün sektörlerde yürütülen enerji verimliliği çalışmalarına rağmen Kovid-19 salgın sürecinde yaşanan; imalat sanayindeki üretim dalgalanmaları, toplu taşıma yerine bireysel ulaşım olan yönelim ve hizmet sektöründeki enerji talebinin verimsiz bir şekilde hane halkına kayması enerji yoğunluğundaki gelişimi olumsuz etkilemiştir. Buna rağmen 2000 yılına göre bir kıyaslama yaptığımızda birincil enerji yoğunluğunda %24,5; nihai enerji yoğunluğunda ise %24,8 oranında bir iyileşme olmuştur. (EVÇED, 2021).

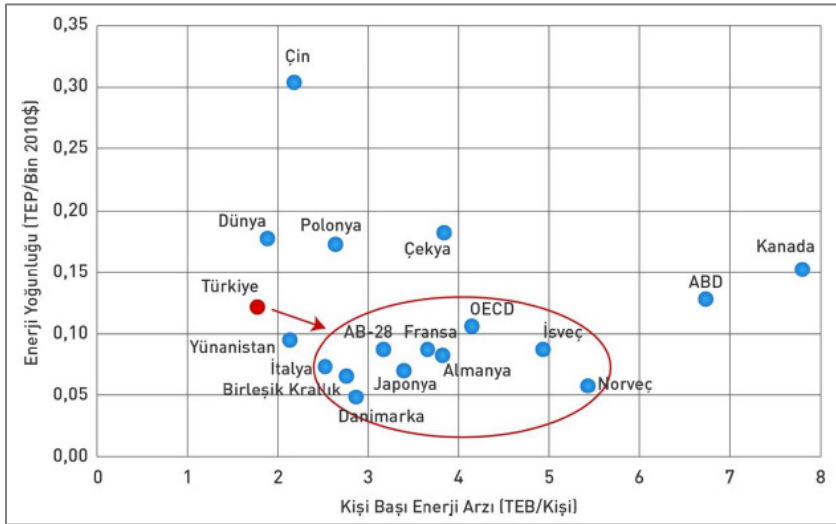
*Tablo 5: Temel Enerji Göstergeleri (EVÇED, 2021)*

Ülke	GSYİH (milyar 2010\$)	Birincil Enerji Arzı (Mtep)	Birincil Enerji Yoğunluğu (tep/bin 2010\$)	Kişi Başı Birincil Enerji Arzı	Kişi Başı Elektrik Tüketimi (MWh/kişi)
Dünya	80,259	13972,2	0,17	1,9	3,2
OECD	50,960	5309,0	0,10	4,1	8,0
AB-28	18,852	1619,0	0,09	3,2	6,1
TÜRKİYE	1,206	145,3	0,12	1,8	3,3
Almanya	3,878	311,3	0,08	3,8	7,0
Japonya	6,141	432,0	0,07	3,4	8,1

**Tablo 6:** Türkiye'nin Birincil ve Nihai Enerji Yoğunluğu (EVÇED, 2021)

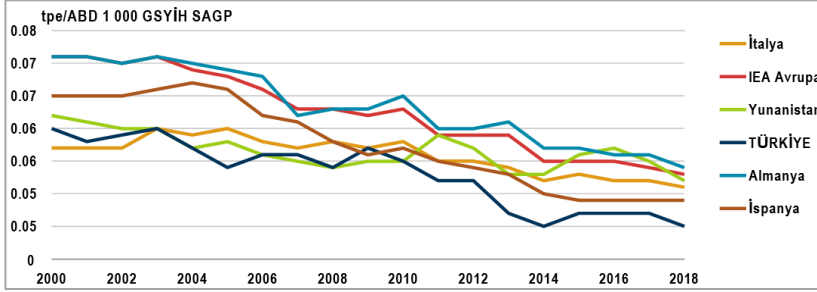
Göstergeler (tep/bin 2015 \$)	2000	2005	2010	2015	2019	2020
<b>Birincil Enerji Yoğunluğu</b>	0,192	0,169	0,172	0,149	0,145	0,145
<b>Nihai Enerji Yoğunluğu</b>	0,149	0,134	0,130	0,115	0,111	0,112

Enerji yoğunluğu değerleri ülke ve sanayi bazında Şekil 20'de gösterilmiş olup, Ülkemizin yeri ve hedeflediği konum belirtilmiştir. Düşük enerji yoğunluğu değeri enerjinin verimli kullanıldığının göstergesidir. Enerji yoğunluğu; ülkeler açısından, belirli bir 2015 yılına göre 1.000 ABD Doları GSYİH elde edilebilmesi için tep olarak tüketilen enerji miktarıdır. Diğer bir şekilde ifade edecek olursak; yıllık harcanan enerjinin, üretilen ürünün ekonomik değerine oranıdır. Sanayi açısından ifade edecek olursak; bir birim ürün elde edilebilmesi için tpe olarak harcanan enerji miktarıdır.

**Şekil 20:** Ülkelerin Enerji Yoğunlukları ve Türkiye Hedefi (EVÇED, 2021)

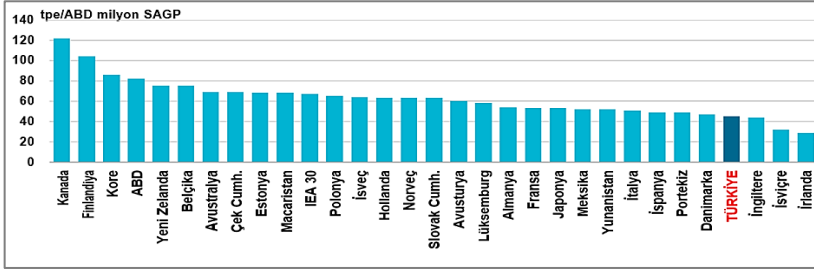
Şekil 21'den görüleceği üzere 2018 yılında Ülkemizin enerji yoğunluğu, bir milyon ABD Doları SAGP başına 45 TPE olup, 2000 yılından 2018 yılına kadar %25'lik bir düşüş olmuştur. TNT/GSYİH olarak ele alınan enerji yoğunluğu 2015 ABD doları fiyatları üzerinden SAGP'dir.

Şekil 21: Bazı IEA Üye Ülkelerinde Enerji Yoğunluğu (IEA, 2021)

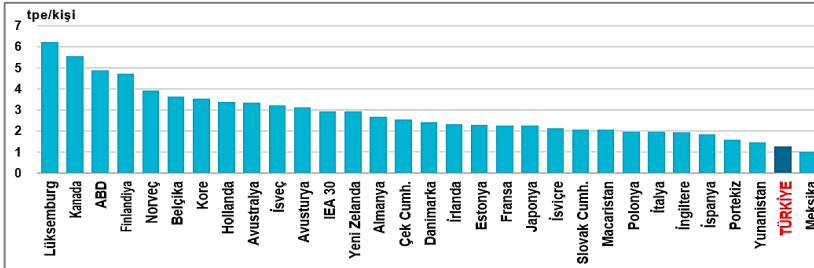


Şekil 22 ve Şekil 23 üzerinden ülkemizin IEA üyesi ülkeler arasında hem kişi hem de GSYİH açısından düşük enerji yoğunluğuna sahip olduğunu görmekteyiz. Ülkemizin birim GSYİH başına TNT'si IEA üyesi ülkeler arasında en düşük dördüncü sıradadır (Şekil 22). Kişi başına düşen enerji yoğunluğu sıralamasında da Meksika'dan sonra en düşük ikinci sıradadır (Şekil 23). Özetle IEA üyesi ülkeler arasında Ülkemiz 2018 yılında en düşük ikinci TNT/kişi ve dördüncü en düşük TNT/GSYİH'ya sahiptir.

Şekil 22: IEA Üye Ülkelerinin GSYİH Başına Enerji Tüketimi (IEA, 2021)



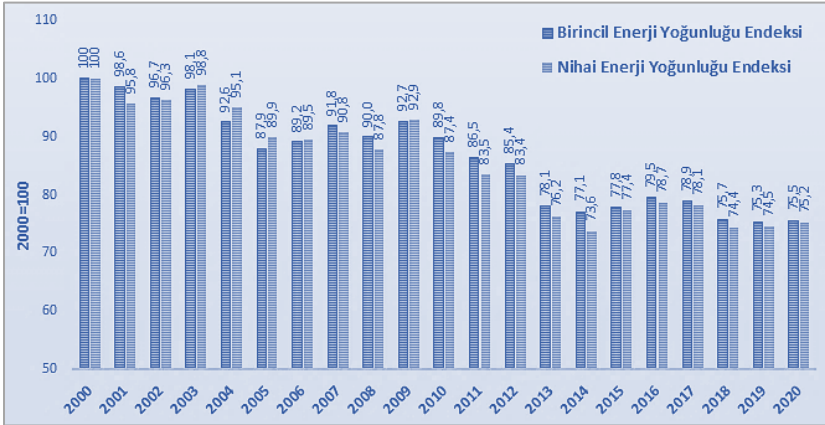
Şekil 23: Bazı IEA Üye Ülkelerinin Kişi Başına Enerji Tüketimi (IEA, 2021)



Birincil enerji yoğunluğunun 2019 yılı için uluslararası bir karşılaştırması yapıldığında ülkemiz 0,145 tep/bin2015\$ olan birincil enerji yoğunluğu değeriyle dünya enerji yoğunluğu ortalaması 0,172 tep/bin2015\$ değerinden daha düşüktür, ancak OECD ülkelerinin enerji yoğunluğu ortalaması 0,105 tep/bin2015\$ değerinden daha yüksektir. AB üyesi ülkelerin birincil enerji yoğunluğu ortalaması 0,088 tep/bin2015\$ ile hem OECD hem de ülkemiz ortalamasından daha iyidir.

Enerji yoğunluğundaki eğilim; ekonomi ve sanayideki yapısal değişiklikler, enerji tüketim yapısındaki değişimler, sektörlerin verimlilik gelişimi ve nihai kullanıcıların tercih ettiği cihaz/ekipman gibi unsurlardan etkilenmektedir. Ülkemizin enerji yoğunluklarını 2000 yılına göre karşılaştırdığımızda; birincil enerji yoğunluğumuzda %24,5, nihai enerji yoğunluğumuzda da %24,8'lik bir iyileştirme olmuştur (Şekil 24). 2000-2020 yılları arasında birincil ve nihai enerji yoğunluğu endeks değerlerinde yıllık ortalama iyileşme oranı yaklaşık %1,4'tür.

**Şekil 24:** 2020 Yılı Türkiye'nin Birincil ve Nihai Enerji Yoğunluğu Endeksi (EVÇED, 2021)



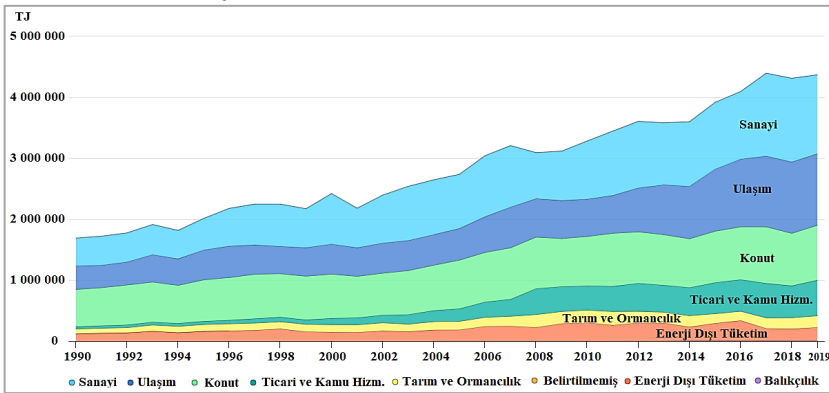
Enerji yoğunluğunun yanı sıra toplam nihai enerji tüketimi verileri de enerji kullanımının çevresel etkilerinin hesaplanmasına ve karşılaştırılmasına katkı sunar. Çevresel etkiler TNT üzerinden enerji kaynaklarına da bağlıdır. Sera gazlarının azaltılmasının bir

yolu da daha az enerji kullanmak ya da enerjiyi daha etkin kullanmaktır.

Sektöre göre nihai enerji tüketimindeki eğilim, enerji tüketiminin azaltılmasında elde edilen gelişmeyi ve son kullanıcı olan farklı sektörlerin (ulaşım, sanayi, hizmet ve hane halkı) ilgili çevresel etkilerini sunar. Ayrıca, enerji tüketimi ve enerji verimini etkilemeye çalışan ana politikaların başarısını gözlemlemeye yardımcı olmak için de kullanılır (ÇSB, 2022).

Sanayi, 2018’de TNT’nin 1373944TJ ile Ülkemizin en fazla enerji tüketen sektörüdür ve bunu 1171465TJ ile ulaştırma sektörü izlemektedir. Sanayi ve ulaşım sektörleri son on yılda önemli ölçüde artmıştır. TNT’nin geri kalanının 860455TJ ile konut sektörü ve diğer kalan kısmını ise ticari ve kamu hizmetleri, tarım ve ormancılık, enerji dışı tüketim ve diğer sektörler oluşturmaktadır. 2019 yılına baktığımızda TNT; sanayi sektöründe 1295073TJ, ulaşımda 1174302TJ ve konut sektöründe de 902565TJ ile başı çekmektedirler. Bu üç sektör haricindeki diğer sektörlerde enerji tüketimi son on yılda daha istikrarlı olmuştur. Sanayi, ulaşım ve nispeten konut sektörlerinde enerji talebi önemli ölçüde artarken, diğer sektörlerde enerji tüketimi bu üç sektöre göre nispeten durumunu korumuştur (Şekil 25).

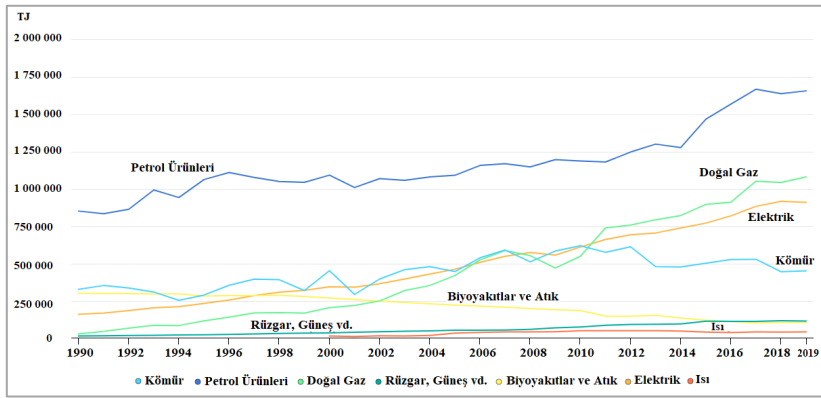
**Şekil 25: Türkiye’nin Sektörlere Göre TNT 1990-2019 (IEA, 2021)**



2018 ve 2019 yıllarında kaynaklara göre TNT sırasıyla; petrol ürünleri 1639306TJ’den 1658529TJ’e(↑), doğal gaz 1082238TJ’den

1044589'a(↓), elektrik 911546TJ'den 917764TJ'e(↑), kömür 452794TJ'den 446066TJ'e(↓), biyoyakıtlar ve atık 106275TJ'den 106323TJ'e(↑), rüzgar, güneş vd. 116393TJ'den 118528TJ'e(↑) ve ısı olarak da 42991TJ'den 41613TJ'e(↓) değişim göstermiştir (Şekil 26).

Şekil 26: Türkiye'nin Kaynaklara Göre TNT 1990-2019 (IEA, 2021)



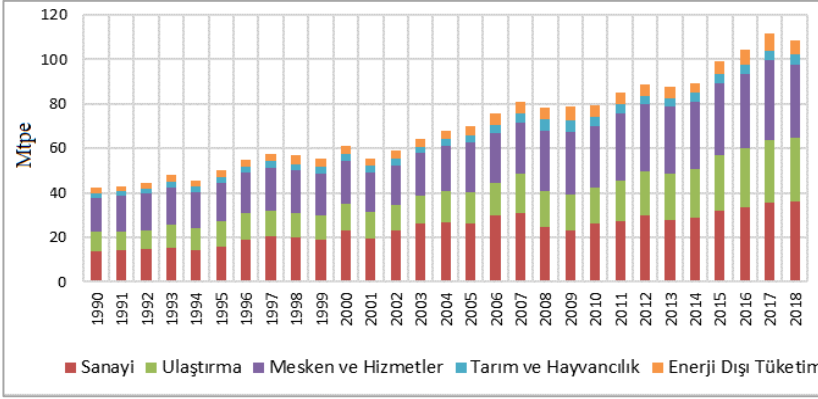
En fazla enerji tüketen sektör olan sanayide 2018 yılında 37,4 Mtep kullanılmıştır. Enerji tüketimi 2012-2014 dönemindeki yavaşlamaya rağmen 2008 ile 2018 yılları arasında %60 artmıştır. 2011 yılından bu yana sanayide kullanılan en büyük enerji kaynağı olan doğal gazdaki büyüme, endüstriyel enerji talebindeki artışın yarısından fazlasını karşılamıştır. 2018 yılında sanayide tüketilen enerjinin %28'ini doğal gaz, %26'sını elektrik, %21'ini petrol, %18'ini kömür ve küçük miktarlarda bölgesel ısı, biyoyakıtlar ve atık ile güneş enerjisi oluşturmuştur. Endüstriyel enerji tüketimi son on yılda yaklaşık %60 oranında artmış ve talepteki büyüme büyük oranda doğalgaz ve elektriğin artan payları ile karşılanmıştır (IEA, 2021).

Türkiye'de 2018 yılında sektörlerin TNT'si 1990 yılına göre %157 oranında, 2005 yılına göre %55 oranında, 2017 yılına göre ise %2,59 oranında azalarak 108,481 Mtep olmuştur (Şekil 27). Ülkemizde nihai enerji tüketimindeki yükselişler, ekonomimizin ve sanayimizin büyümesi ile bağlantılıdır. Tabii bu durumu bir gelişme olarak ifade edebilmek için enerji yoğunluğu değerlerimizin de düşmesi gerekmektedir. Bu durumu enerji verimliliği ile birlikte değerlendirmeliyiz. Örneklendirecek olursak; AB-28 ülkelerinde verimlilik artışıyla



ilişkili olarak, 2018 yılının verilerine göre son on yılda TNT %4,6 oranında azalmıştır. Ancak hedeflenen değerlere hala ulaşılamamıştır (EEA, 2021).

*Şekil 27: Yıllar İtibariyle Sektörlere Göre TNT (EİGM, 2021)*



AB ülkeleri üzerinden bir karşılaştırma yapacak olursak, AB-28 ülkelerinde 2017 yılı için en fazla payı ulaştırma (%32) alırken, sırasıyla konut (%27,6), sanayi (%25,7), ticaret ve kamu hizmetleri (%14,8) gibi diğer sektörler takip etmiştir (EC, 2020).

Birçok parametre ele alınarak enerji yoğunlukları ve TNT değerleri sektörel ve kaynak olarak yıllara göre değerlendirilmiş, karşılaştırılmıştır. İlkim değişikliği ile mücadele de enerji verimliliği en önemli etkenlerden birisidir. Enerji verimliliği kadar önemli olan bir diğer etkende enerji tasarrufudur. Enerji verimliliğini kısaca; enerjiyi tüketirken yaşam standartlarımızdan taviz vermeden kişi ya da ürün başına enerji tüketimini azaltmaktır. Enerji tasarrufunda ise enerjiyi ihtiyatlı kullanarak tüketilen enerji miktarı azaltılır. Enerji verimliliği ve enerji tasarrufu etkenleri birlikte çalıştırılarak iklim değişikliğine karşı mücadele etkinleştirilir. Enerji verimliliği ve tasarrufunu iklim değişikliğiyle mücadelenin yanı sıra enerji arz güvenliğimizi sağlamak ve dışa bağımlılık risklerimizi azaltılmak amacıyla etkinleştirmemiz kaçınılmazdır.

Enerji tüketimlerinde sektörel karşılaştırmalarda konutların çok önemli bir alan oluşturduğunu görmekteyiz. Ülkemizdeki enerjinin yaklaşık %30'u binalarda kullanılmaktadır. Binalardaki enerjinin en

büyük kısmını ısıtma-soğutma amacıyla tüketmekteyiz ve bu tüketime karşılık gelen oran yaklaşık %80 civarındadır. Geriye kalanı ise aydınlatma ve elektrikli cihazlarda kullanılmaktadır. Ülkemizin enerji ithalatı 2017 yılında 37 milyar dolar, 2018 yılında 43 milyar dolar ve 2019 yılında da yaklaşık 41 milyar dolar civarındadır. Binalarımızdaki enerji ithalatının bizlere maliyeti 2019 yılı için yaklaşık 12,5 milyar dolar civarındadır. Binalarımızda yapacağımız tasarruflar ve verimlilik çalışmaları ile sıfır enerjili binalara yaklaşım göstermemiz hem Ülkemizin cari açığında ciddi bir azalma hem de sera gazı emisyonlarının azalmasıyla çevresel/sağlık açısından ciddi bir kazanç sağlayacaktır. Sürdürülebilir kalkınma için bu enerji ithalat maliyetlerimizi düşürmemiz muhakkaktır ve binalarımızda kullandığımız bu 12,5 milyar dolar ile her yıl ciddi projelere yatırım yapılabilir, kalkınmamızı hızlandırabiliriz. Binalarda harcadığımız bu parayla her yıl bir adet İstanbul Havalimanı (1.Etap) ve bir adet Socar Aliğa Rafinerisi gibi dev projeler yapabiliriz ya da her yıl bu parayla bir adet Osmangazi Köprüsü, bir adet Bursa-İzmir Otoyolu ve beş adet Yusufeli Barajı yapabiliriz. Farklı bir bakış açısıyla; yani bu binalarımızda kullandığımız dışarıya ödediğimiz bedel üzerinden yüzdelik tasarrufları değerlendirelim. Mesela her yıl; binalarımızda %5 tasarruf yaparsak, bu cebimizde kalan parayla her yıl bir Yusufeli Barajı, %10 tasarruf yaparsak her yıl bir Avrasya Tüneli, %30 tasarruf yaparsak her yıl bir Yavuz Sultan Selim Köprüsü yapabiliriz. Bu örnekler çoğaltılabilir ve her yıl yapacağımız dev projeler üzerinden sadece binalarımızda kullanılan enerji için dışarıya ödediğimiz meblağları kıyasladığımızda kaybımızın ne düzeyde olduğunu daha somut olarak görmekteyiz. Hem ekonomik kalkınmamız hem de sera gazı emisyonlarını azaltmak için binalarımızda enerji tasarrufuna ve verimliliğine azami önem göstermemiz gerekmektedir.

Binalarda enerji tasarrufu için, ısıtma-soğutma sistemleri ve cihazları, ısı yalıtımı, aydınlatma sistemleri vs. gibi başlıca etkenlerdir. Binalardaki enerji tüketiminin de yaklaşık %80'i binaların ısıtma-soğutması için kullanılmaktadır. Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planımızda enerji verimliliği için yapılması gerekenler birçok sektör için temel başlıklarda ele alınmıştır. Enerji ve Tabii Kaynaklar

Bakanlığımızın ilgili daireleri başta olmak üzere birçok kurum ve kuruluşumuz tarafından enerji verimliliği ve tasarrufları üzerine öneriler ve çalışmalar yapılmaktadır. Bizim tarafımızdan da aşağıdaki başlıca önerileri sunabiliriz:

- Binaların TS825 standardına uygun ısı yalıtımı yapılmalıdır. Ülkemizde yapımına başlanacak olan binaların dış duvarlarına, çatısına ve temel betonarme kısmına ısı yalıtımı uygulanması yapılarak binanın kışın ısı kaybının yazın da ısı kazancının azaltılması sağlanmalıdır. Bu sayede bina içi mahallerde daha az ısıtma ve soğutma yükleri oluşacağından bu yükleri karşılayacak enerji kaynaklarının da daha az kullanılması sağlanmış olunacaktır. Yapılar tasarlanırken enerji kimlik belgesinin tasarım esnasında belirlenmesi önemlidir.
- Dış pencerelerin düşük ısı iletim katsayısına uygun pencere doğrama sistemleri olarak seçilmesi önemlidir. Bina ısı yalıtım uygulaması yapılıp yapılmamasına bakılmaksızın tüm binalarda ısı ve güneş kontrollü, Low-e kaplamalı camlara sahip pencereler kullanarak binaların yazın ısı kazancının ciddi düzeyde azaltılması sağlanabilir. Pencere doğrama sistemlerinin ısı yalıtımlı olması da pencerenin ısı iletkenlik değerlerinin azaltılmasında önemli bir etkidir.
- Yapılarda trombe duvarı konularak kuzey cephesinden bu duvara doğru esinti sağlanabilir ve doğal havalandırma etkisi oluşturulabilir.
- Yapılarda güneş bacası kullanılabilir ve bu sayede doğal havalandırma yapılabilir.
- Binalarda dış ve iç gölgeleme elemanları ya da özel camlar kullanılması ile pencere yüzeylerinde gelen güneş ısı kazançları azaltılabilir. Bu durum bina toplam soğutma yükünde %5-%15 arasında bir oranda azalma sağlayabilir.
- Değişken devirli pompalar kullanarak enerji tüketimi azaltılabilir. Merkezi sulu klima sistemlerinde değişken debili sistem ve değişken devirli pompalar kullanarak pompa enerjisinde %60-70 oranında ve toplam HVAC (ısıtma-soğutma-

havalandırma) sisteminin kullandığı enerjide de %7-12 oranında tasarruf potansiyeli vardır.

- Bina iklimlendirme sistemlerinde önemli bir yer tutan hava kanallarının Türkak tarafından akredite bir kuruluş tarafından, Smacna standartlarına göre sızdırmazlık testlerinin yapılarak, hava kaçaklarının kullanım süresi boyunca önlenmesi ve bu sayede enerji israfının önüne geçilmesi sağlanabilir. Hava kanallarının kendinden flanşlı olması da testin sağlamlığını ve güvenirliliğinin oluşmasında etkindir.
- Hava kanallarının içinden geçen akışkanın tipine göre taş yünü, cam yünü veya kauçuk malzeme ile tekniğine uygun olacak şekilde bir ısı yalıtım işlemine tabi tutulması ile kanallardan atmosfere oluşacak olan enerji kaybı engellenebilir.
- Bina tesisat hatları üzerinde bulunan boru, vana, pislik tutucu, üç yollu vana vb. tesisat armatürlerini yalıtım ceketi ile kaplanması önemlidir.
- Bina ısıtma ve soğutma sistemleri üzerindeki tüm boruların ısı yalıtımı işlemine tabi tutulması, ayrıca her bir tesisat armatürünün ısı yalıtım ceketi ile kaplanması ile enerji israfının önüne geçilebilir. Özellikle soğutma sistemlerinde ısı yalıtım uygulaması yapılmaması durumunda yaz mevsiminde tesisat elemanları üzerinde oluşan terlemeler/yoğuşmalar sebebiyle hem malzeme zarar görmekte hem de asma tavan sistemleri zarar görmektedir.
- Bina HVAC sistemi için otomasyon sisteminin kurulması, her yıl sistem elemanlarının kontrol edilerek düzgün çalışabildiğinin kontrol edilmesi önem taşımaktadır.
- Binada kurulu HVAC sistemi için merkezi otomasyon sisteminin kurulması ile HVAC sistemine ait her bir cihazın daha verimli çalışması sağlanabilir. Sistem üzerinde yapılabilecek programlamalar ile kullanıcı müdahalesi olmadan iç ve dış hava sıcaklıklarını baz alarak, HVAC sisteminin otomatik kontrolü sağlanarak enerji israfının önüne geçilebilir.
- Klima santralleri ve fan-coil gibi yüksek miktarda enerji tüketen cihazlarda iki yollu veya üç yollu vana ile akışkan kontrolü

sağlanarak gereksiz yere enerji israfının önüne geçilebilir. Aksi halde bu vanalar kullanılmaz ise cihazlar içinden geçen akışkanın kontrolü sağlanamayacağından cihazlara ait fanlar kapalı bile olsa içerisinden akışkan geçeceği için bu da enerji israfına sebebiyet verecektir.

- Havalandırma tesisatında bulunan klima santrallerinde ısı geri kazanım üniteleri ilavesi ile ciddi miktarda ısı geri kazanılabilir ve bu sayede enerji verimliliği arttırılabilir. Böylece santral içerisindeki ısıtma ve soğutma bataryalarının daha küçük kapasitelerde olmasını sağlayarak enerji tüketiminin düşürülmesi mümkün olmaktadır.
- Bina iklimlendirmesinde kullanılan sistemlerde kullanılan ilk enerji kaynakları olan elektrik ve karbon içerikli yakıtların beraberinde hava kaynaklı, toprak kaynaklı ve su kaynaklı dış üniteler ile hibrit sistemler oluşturulabilir. Bu sayede enerji verimliliği yüksek sistemler kurulmuş olunur.
- Sıcak su kazanları ile buhar kazanlarının her yıl düzenli olarak periyodik bakımlarının yapılması, baca gazı emisyonlarının ölçülerek optimum yakıt-hava karışımının sağlanması ve bu sayede enerji israfının önüne geçilmesi sağlanabilir.
- Aynı anda elektrik ile ısıtma veya elektrik ile soğutma ihtiyacının olduğu yerlerde enerjinin ekonomik kullanılabilmesi için kojenerasyon ya da trijenerasyon sistemlerinin kurulması ve enerji verimliliğinin arttırılması sağlanabilir. Bina elektrik tüketimlerine bakıldığında özellikle sağlık yapılarında yazın gerçekleşen elektrik tüketimi kışın gerçekleşen elektrik tüketiminin neredeyse iki ya da üç katına çıkmaktadır. Bu sebepten dolayı kojenerasyon hatta trijenerasyon sistemi kurularak, binada gerekli olan elektrik üretilirken HVAC sistemi için gerekli olan enerjinin de sağlanması ile yüksek enerji verimliliği elde edilebilir.
- Binalarda ve endüstriyel tesislerde zamanla kısımlar yıpranmalar meydana gelmekte ve bu yıpranmalardan atmosfere doğru enerji kayıpları oluşmaktadır. Belirli sürelerde bina ve endüstriyel tesis cepheleri ve bu yapılarda bulunan ısıl sistemler

termal kamera ile kontrol edilerek, enerji kayıplarının olduğu yerler tespit edilmeli ve bu yerler onarılarak enerji kayıplarının önüne geçilmesi sağlanmalıdır.

- Binalarda ve endüstriyel tesislerde kullanılmakta olan pompalar genelde asenkron motor ile çalışmakta olup, büyük miktarda elektrik çekmektedir. Bu eski motorların yeni nesil IE3 verimli olanları ile değiştirilmesi hatta yenileme ve ilk kurulum esnasında frekans invertörlü olanları ile değiştirilmesi sistemdeki elektrik tüketimini ciddi oranda düşürecektir.
- Havalandırma tesisatlarında havanın cebri olarak hareketlenmesini sağlayan fanlara dönme hareketini sağlayan elektrik motorlarının en az IE3 enerji verimli olması, bu motorların istenilen debi ve basıncı otomatik ayarlayacak şekilde frekans invertörlü olanlarından seçilmesi enerjinin verimli kullanılmasını sağlayacaktır.
- Havalandırmada önemli yer tutan klima santrallerinin her bir elemanının PLC otomasyon üzerinden izlenmesi ve özellikle filtre kirlilik bilgilerinin alarm ile öğrenilmesi gerekmektedir. Kirlilik anında fanların zorlanması engellenerek fanın çektiği elektrik gücünün artmasının da önüne geçilmiş olunur.
- Klima santrallerinin ısı köprüleme ve ısı geçirgenlik değerlerinin iyi olmasına dikkat edilmelidir.
- Bazı bina veya tesisler iklimlendirilirken havanın neminin sabit tutulması gerekmektedir. Kışın havanın nem miktarını arttırmak için muhakkak nemlendirici üniteler kullanılması gerekmektedir. Eğer kullanılacak olan bu nemlendirici ünite elektrikli buhar jeneratörlü ise bu tip üniteler yüksek miktarda enerji çekmektedir. Elektrik tüketim değerlerinin artmasının önüne geçebilmek için gereksiz nemlendirici kapasitelerinden kaçınmak gerekmektedir.
- Eskiden beri kullanılan HFC ve HCFC içeren soğutucu akışkanlar (bunların en önemlisi R-11, R-22) daha önce iklimlendirme cihazlarında kullanılması ozon tabakasında hasara sebebiyet veriyordu. Ozon tabakasında meydana gelen hasar neticesinde küresel ısınmaya etkisi oluyordu. Çevreye duyarlı yeni

nesil soğutucu akışkanların keşfedilmesiyle (R410A, R134A vb.) çevreye daha az zararlı iklimlendirme cihazları imal edilmiş oldu. Çevreye zararlı olmayan soğutucu akışkanlar tercih edilmeli, diğer çevreci olmayan zararlı soğutucu akışkanların kullanılmasına asla müsaade edilmemelidir ve kullanılmamalıdır.

- İnsan sirkülasyonunun fazla olduğu büyük çaplı binalarda mevcut klima santralleri daha küçük taze hava oranı karışımıyla çalışmakta iken 2020 Mart ayında Ülkemizde de başlayan küresel Kovid-19 salgınından dolayı Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı tarafından klima santrallerinin %100 taze hava ile çalıştırılması kararı alındı. Ancak bu durum klima santrallerinin daha fazla enerji tüketmesine yol açmış oldu. Enerji üretiminin zor olduğu için çevreyi kötü yönde etkilemekte ve büyük bir kısmını dışarıdan ithal ettiğimiz için de ülkemize ciddi mali yük getirmektedir. Bunu çözmek için klima santralleri için gerekli enerji kaynağını yenilenebilir enerji kaynakları ile desteklenmiş olarak tasarlanması büyük önem taşımaktadır.
- Ülkemizde yeni yapılacak binalarda bulunan ısı yalıtımı, ısıtma, soğutma ve varsa havalandırma sistemlerinin projelendirilmesi ilgili standartlara göre yapılması zorunlu olmuştur. Binaların ilgili belediyeden yapı kullanım ruhsatı alırken; Bina Enerji Kimlik Belgesi alma zorunluluğu getirilmiştir. Bu sayede binalarda enerji israfının önüne geçilmeye ve çevreye duyarlı binalar inşa edilmeye başlanmıştır. Yönetmeliğin çıkış tarihinden önce yapılmış ve hali hazırda kullanılan ticari ve konut amaçlı binalar için ise TS825 standardına göre ısı yalıtım-dış cephe mantolama, pencerelerin yönetmelikte izin verilen ısı iletim ve gölgeleme faktörlerini karşılaması sağlanmış ve eski binaların da bir şekilde enerjiyi daha az tüketen yapılar olması sağlanmalıdır.
- Toprak kaynaklı, hava kaynaklı ve su kaynaklı ısı pompalarının kullanılması ile bina iklimlendirme sistemlerinin enerji tüketimlerinde ciddi oranda düşüş elde edilebilir.

- Yeni yapılacak olan ve yapı ruhsatına esas kullanım alanı yirmi-bin metrekarenin üzerinde olan binalarda ısıtma, soğutma, havalandırma, sıhhi sıcak su, elektrik ve aydınlatma enerjisi ihtiyaçlarının tamamen veya kısmen karşılanması amacıyla, yenilenebilir enerji kaynakları kullanımı, hava, toprak veya su kaynaklı ısı pompası, kojenerasyon ve mikro-kojenerasyon gibi sistem çözümleri tasarımcılar tarafından projelendirme aşamasında analiz edilme zorunluluğu getirilmiştir. Bu uygulamalardan biri veya birkaçı, ilgili bakanlık tarafından yayımlanan birim fiyatlar esas alınmak suretiyle hesaplanan, binanın toplam maliyetinin en az yüzde onuna karşılık gelecek şekilde yapılır. Bu uygulamalar sıkı takip edilmeli ve asla taviz verilmemelidir.
- Binalarda cepheye dıştan gölgeleme panelleri ile iç mahallere gelen güneş radyasyonu azaltılarak bina soğutma yüklerinin düşürülmesi sağlanabilir.
- İklimlendirme sistemlerinde bina içerisine gönderilen havanın soğutulmasında suyun buharlaşması prensibiyle çalışan evaporatif soğutma sistemlerinin ilavesiyle havanın soğutulmasında harcanan enerjinin azaltılması sağlanabilir.

## Sonuçlar

Ülkeler sürdürülebilir kalkınmaları ve stratejik hedefleri için yüksek enerji potansiyellerine sahip olmaya çalışırlar. Yüksek enerji potansiyeline sahip olma çabası beraberinde sera gazı emisyon değerlerinin artışına neden olmaktadır. Özellikle fosil kökenli kaynakları kullanarak üretilen enerji küresel ısınmaya ciddi katkı sunmaktadır. Enerjiyle ilgili CO<sub>2</sub> emisyonları, küresel sera gazı emisyonlarının büyük çoğunluğunu oluşturmaktadır.

İklim değişikliğinin etkisini azaltmak için eylem ve yaptırımlar oldukça önemlidir. Paris Anlaşması, küresel ortalama sıcaklıktaki artışı sanayi öncesi seviyelerin yani 2°C hatta mümkünse 1,5°C ile sınırlamaya çalışmak için bir hedef belirtmiştir. Bu hedeflere ulaşabilmek için küresel emisyonların yaklaşık üçte ikisini oluşturan düşük karbonlu bir enerji sektörüne geçmek gerekmektedir. Sera gazı



emisyona değerleri çok dūşük olan, çevreci yenilenebilir enerji sistemleri ile enerji verimliliği kazanımları birleştiginde, 2050 yılına kadar ihtiyaç duyulan CO2 emisyon değerindeki dūşüşün yaklaşık %90'ı sağlanabilir.

Büyüyen sanayi ve ekonomi, yükselen refah düzeyi, nüfus artışı, hizmet ve ulaşım sektörünün güçlenmesi gibi nedenlerden dolayı gelişmiş ülkelere göre Ülkemizin enerji kullanımı daha hızlı artmakta ve değişmektedir. Bu enerji artışımızı dışa bağımlılığımızın oldukça yüksek olduğu fosil kaynaklı yakıtlardan diğer kaynaklara aktarmak sürdürülebilir kalkınmamız için hayati önem taşımaktadır. Modern toplumlar için ekonomik büyüme ve toplumsal refah düzeyini arttırmak, artan enerji ihtiyacını daha güvenilir, daha çevreci ve dışa bağımlı olmadığı enerji kaynaklarına bağlıdır. Tüm toplumlar için gerektiği gibi Ülkemiz için de güç sistemlerini hızla karbondan ayırarak, güvenilir ve güvenli enerji kaynaklarını sürdürmek gerekli bir zorunluluktur. Ülkemizin coğrafi konumundaki avantajlarımızdan dolayı neredeyse tüm yenilenebilir enerji kaynaklarına yüksek potansiyellerde sahip durumdayız. Dışa bağımlılığımızı azaltmanın yanı sıra küresel sıcaklıklardaki artışı kontrol etmek için yenilenebilir enerji kaynaklarına geçişin sadece elektrik üretiminde değil, aynı zamanda binalar, ulaşım ve ısıtma içinde hızlı gerçekleşmesi gerekmektedir.

Yenilenebilir enerji sistemlerinin toplumun tüm kesimlerine dağılması için atılması gereken en önemli adım, bu sistemlerin elemanlarının yerli üretiminin gerçekleştirilmesidir. Ekipmanların yerli üretilmesiyle amortisman süresi azalacak ve böyle ciddi bir enerji tasarrufu elde edilecektir. Yenilenebilir enerji sistemlerinin amortisman sürelerinin 2 yıl veya altına düşürülmesi için ekipmanların yerli üretimi için gerekli adımlar atılmalı, tesislerin kurulumu için teşvikler verilerek süreç hızlıca tamamlanmalıdır. Dışarıdan satın aldığımız kritik ekipmanlar belirlenmeli ve bakanlık, üniversiteler ve sanayi birlikte çalışarak bu ekipmanları hızlıca millileştirmelidir. Kullanılabilir ömrü çok yüksek olmayan yenilenebilir enerji sistemlerinin böylece amortisman süresi istenilen düzeylere getirilebilir.

Enerji de dışa bağımlılığımızı ve sera gazı emisyon değerlerimizi düşürme sürecini desteklemek ve hızlandırmak için yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını arttırmanın yanında bu süreci enerji verimliliği ve enerji tasarrufu faaliyetleriyle desteklemek gerekmektedir. Enerji verimliliği ve enerji tasarrufu da Ülkemizin ekonomik büyümesini sürdürmesi ve aynı zamanda iklim değişikliğiyle mücadele ve çevresel sürdürülebilirlik konusundaki gereklilikleri yerine getirebilmesi için hayati öneme sahiptir.

İklim değişikliğiyle mücadelede düşük karbonlu bir enerji sistemine geçiş, yenilenebilir enerji ve enerji verimliliği ile desteklenmektedir. Enerjide sürdürülebilir kalkınmanın sağlanması ve iklim değişikliğiyle mücadelede en önemli araçlardan yenilenebilir enerji kaynaklarına ve enerji verimliliğine büyük önem vermeli ve teşvik etmek için tüm aksiyonları almak durumundayız.

Enerji verimliliği için ulusal çabalarımızı arttırmalıyız. Bu alanda yapacağımız yatırımları isabetli belirlemeli, enerji tasarruf hedeflerimize hızlıca ilerlemeli, bunları destekleyici vergi indirimlerine, AR-GE harcama teşviklerine ve gerekli verilere ulaşım unsurlarına önem verilmelidir. Konut, sanayi ve ulaşım alanlarında gerekli tedbirler alınmalı, hedefler belirlenmeli ve bu hedeflere dönük teşvikler, destekler ve aksi durumları için yaptırımlar belirlenip, somutlaştırılmalıdır. Bu kapsamda; kendi enerjisini üreten çevreci binalar teşvik edilmeli, sanayi, ulaşım ve hizmet sektöründe enerji yoğunluğu mutlaka azaltılmalı, enerji tüketen tüm cihazların yüksek verimli olanların kullanımının ve üretilmesinin teşvik edilmesi, enerjinin üretiminden iletimine ve dağıtımına kadar yaşanan kayıpların minimize edilmesi, özellikle kamu başta olmak üzere enerji israfının önüne geçilmesi ve artık tüm bunları sürdürülebilir bir politika ile yönlendirecek kurumsal hafızamızın oluşturulması gereklidir. 2007 yılından bu zamana kadar enerji verimliliğini destekleyici olarak çıkarılan tüm kanunlar, yönetmelikler ve çalışmalar çok önemli ve gereklidir, ancak kurumsal bir hafıza oluşturamadığımızdan dolayı böylesine önemli çalışmaların hala yeterli karşılığını alamamaktayız. Bu süreci dağınık ilerletmekten kurtarmalıyız, belirli bir sistematikte gerekli uygulamaları

yerinde ve zamanında hayata geçirmeli ve mutlaka sürdürülebilir kılmalıyız.

İklim değişikliğiyle mücadele için yenilenebilir enerji kaynakları ve enerji verimliliği en önemli araçlardır. Ancak bu mücadele sadece yetkililerin, bilim adamlarının, kamu kurumlarının görevi değildir. Böylesine ciddi iklim hedefleri, toplumun tüm kesimlerinin katılımını ve katılımını gerektirir. İklim değişikliğiyle mücadele çerçevesinde sadece sera gazı emisyon değerlerimizi azaltmak değil, aynı zamanda enerjide dışa bağımlılığımızı azaltarak sürdürülebilir kalkınmamız için yenilenebilir enerji kaynakları ile enerji verimliliğine tüm toplum olarak üzerimize düşeni yapmak zorundayız.

## Kaynakça

---

- Adam, A.D., Apaydin, G. (2016). Grid connected solar photovoltaic system as a tool for greenhouse gas emission reduction in Turkey. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 53, 1086-1091.
- Al-Behadili, S.H., El-Osta, W.B. (2015). Life Cycle Assessment of Dernah (Libya) wind farm. *Renewable Energy*, 83, 1227-1233.
- Alsema, EA. (2000). Energy payback time and CO2 emissions of PV systems. *Progress in Photovoltaics Research and Applications*, 8, 17-25.
- Amjith, L.R., Bavanish, B. (2022). A review on biomass and wind as renewable energy for sustainable environment. *Chemosphere*, 293, 133579.
- Bayazıt, Y. (2021). The effect of hydroelectric power plants on the carbon emission: An example of Gokcekaya dam, Turkey. *Renewable Energy*, 170, 181-187.
- Berardi, U., Jafarpur, P. (2020). Assessing the impact of climate change on building heating and cooling energy demand in Canada. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 121, 109681.
- Cavallaro, F., Ciraolo, L. (2006). A life cycle assessment (LCA) of a paraboloidal-dish solar thermal power generation system. *IEEE*, 260-265.
- Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, (ÇŞB). (2022). İklim Değişikliği, <https://iklim.csb.gov.tr/>.
- Chen, A.A., Stephens, A.J., Koon R.K., Ashtine M., Koon, K.M.K. (2020). Pathways to climate change mitigation and stable energy by 100% renewable for a small island: Jamaica as an example. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 121, 109671.

- Cordroch, L., Hilpert, S., Wiese, F. (2022). Why renewables and energy efficiency are not enough - the relevance of sufficiency in the heating sector for limiting global warming to 1.5 °C. *Technological Forecasting and Social Change*, 175, 121313.
- Demir, N., Taşkın, A. (2013). Life cycle assessment of wind turbines in Pınarbaşı-Kayseri. *Journal of Cleaner Production*, 54, 253-263.
- Dones, R., Gantner, U. (1996). Greenhouse gas emissions from hydropower full energy chain in Switzerland. In: IAEA advisory group meeting on "Assessment of Greenhouse Gas Emission from the full energy chain for hydropower, nuclear power and other energy sources."
- Eitan, A. (2021). Promoting renewable energy to cope with climate change – policy discourse in israel. *Sustainability*, 13, 3170.
- Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, (ETKB). (2021).
- Enerji Verimliliği ve Çevre Dairesi Başkanlığı, (EVÇED). Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, (ETKB), (2021).
- European Commission, (EC), Eurostat Statistics Explained, Renewable energy statistics, (2020).
- European Environment Agency, (EEA). (2021). Greenhouse gases - data viewer, 1990-2019.
- Enerji İşleri Genel Müdürlüğü, (EİGM). Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, (ETKB), (2021).
- Forbes, K.F., Zampelli, E.M. (2019). Wind energy, the price of carbon allowances, and CO2 emissions: Evidence from Ireland. *Energy Policy*, 133, 110871.
- Gomaa, M.R., Rezk, H., Mustafa, R.J., Al-Dhaifallah, M. (2019). Evaluating the Environmental Impacts and Energy Performance of a Wind Farm System Utilizing the Life-Cycle Assessment Method: A Practical Case Study. *Energies*, 12, 3263.
- Güzel, T.D., Alp, K. (2020). Modeling of greenhouse gas emissions from the transportation sector in Istanbul by 2050. *Atmospheric Pollution Research*, 11, 2190–2201.
- Hondo, H. (2005). Life cycle GHG emission analysis of power generation systems: Japanese case. *Energy*, 30, 2042–2056.
- International Energy Agency, (IEA). (2021). Energy statistics- data browser.
- IPCC. (2018). Global Warming of 1.5°C. In: special report of the intergovernmental panel on climate change.
- Kamal, W.A. (1997). Improving energy efficiency-the cost-effective way to mitigate global warming. *Energy Conversion and Management*, 38(1), 39-59.
- Kannan, R., Leong, K.C., Osman, R., Ho, H.K., Tso, C.P. (2006). Life cycle assessment study of solar PV systems: An example of a 2.7 kWp distributed solar PV system in Singapore. *Solar Energy*, 80, 555–563.

- Kumar, A., Singh, P., Raizada, P., Hussain, C.M. (2022). Impact of COVID-19 on greenhouse gases emissions: A critical review. *Science of the Total Environment*, 806, 150349.
- Kumar, M., Haillot, D., Gibout, S. (2022). Survey and evaluation of solar technologies for agricultural greenhouse application. *Solar Energy*, 232, 18–34.
- Kumar, I., Tyner, W.E., Sinha, K.C. (2016). Input–output life cycle environmental assessment of greenhouse gas emissions from utility scale wind energy in the United States. *Energy Policy*, 89, 294–301.
- Kural, S., Ayvaz, M. (2018). The ballistic behavior of type 1 metallic pressurized hydrogen storage tanks against ballistic threats. *International Journal of Hydrogen Energy*, 43, 20284–20292.
- Lashof, D.A., Ahuja, D.R. (1990). Relative contributions of greenhouse gas emissions to global warming. *Nature*, 344, 529–531.
- Lin, B., Chen, Y. (2019). Does electricity price matter for innovation in renewable energy technologies in China? *Energy Economics*, 78, 259–266.
- Mathew, M.D. (2022). Nuclear energy: A pathway towards mitigation of global warming. *Progress in Nuclear Energy*, 143, 104080.
- Meia, H., Lia, Y.P., Suoc, C., Maa, Y., Lv, J. (2020) Analyzing the impact of climate change on energy-economy-carbon nexus system in China. *Applied Energy*, 262, 114568.
- Meinshausen, M., Meinshausen, N., Hare, W., Raper, S.C.B., Frieler, K., Knutti, R., Frame, D.J, Allen, M.R. (2009). Greenhouse-gas emission targets for limiting global warming to 2 °C. *Nature Letters* 458, 1158–1163.
- Mercan, M., Yurddaş, A. (2019). Numerical analysis of evacuated tube solar collectors using nanofluids. *Solar Energy*, 191, 167–179.
- Oebels, K.B., Pacca, S. (2013). Life cycle assessment of an onshore wind farm located at the northeastern coast of Brazil. *Renewable Energy*, 53, 60–70.
- Oliveira, T., Varum, C., Botelho, A. (2019). Wind power and CO2 emissions in the Irish market. *Energy Economics*, 80, 48–58.
- Rahman, M.M., Sultana, N., Velayutham, E. (2022). Renewable energy, energy intensity and carbon reduction: Experience of large emerging economies. *Renewable Energy*, 184, 252–265.
- Salimifard, P., Buonocore J.J., Konschnik, K., Azimi, P., VanRy, M., Jose Guillermo Cedeno Lauren, J.G.C., Hernandez, D., Allen, J.G. (2022). Climate policy impacts on building energy use, emissions, and health: New York City local law 97. *Energy*, 238, 121879.
- Schaefer, H., Hagedorn, G. (1992). Hidden energy and correlated environmental characteristics of P.V. power generation. *Renewable Energy*, 2(2), 159–66.
- Stern, P.C., Sovacool, B.K., Dietz, T. (2016). Towards a science of climate and energy choices. *Nature Climate Change*, 6(6), 547–555.

- Tahara, K., Kojima, T., Inaba, A. (1997). Evaluation of CO<sub>2</sub> Payback Time of Power Plants by LCA. *Energy Conversion and Management*, 38, 615-620.
- Tong, G., Chen, Q., Xu, H. (2022). Passive solar energy utilization: A review of envelope material selection for Chinese solar greenhouses. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 50, 101833.
- Tiwari, A.K., Abakah, E.J.A., Gabauer, D., Dwumfour, R.A. (2022). Dynamic spillover effects among green bond, renewable energy stocks and carbon markets during COVID-19 pandemic: Implications for hedging and investments strategies. *Global Finance Journal*, 51, 100692.
- Tripanagnostopoulos, Y., Souliotis, M., Battisti, R., Corrado, A. (2005). Energy, cost and LCA results of PV and hybrid PV/T solar systems. *Progress in Photovoltaics: Research and Applications*, 13, 235-250.
- Türkiye Elektrik İletim A.Ş., (TEİAŞ). (2021). Türkiye Elektrik Üretim-İletim 2020 Yılı İstatistikleri.
- Türkiye İstatistik Kurumu, (TÜİK). (2021). Sera Gazı Emisyon İstatistikleri, 1990-2019.
- Vargas, A.V., Zenon, E., Oswald, U., Islas, J.M., Güereca, L.P., Manzini, F.L. (2015). Life cycle assessment: A case study of two wind turbines used in Mexico. *Applied Thermal Engineering*, 75, 1210-1216.
- Varun, Bhat, I.K., Prakash, R. (2009). LCA of renewable energy for electricity generation systems – A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 13, 1067-1073.
- Yıldırım, E., Yurddaş, A. (2019). Assessments of thermal performance of hybrid and mono nanofluid U-tube solar collector system. *Renewable Energy*, 171, 1079-1096.
- Yurddaş, A. (2020). Optimization and thermal performance of evacuated tube solar collector with various nanofluids. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 152, 119496.
- Zhao, G., Yu, B., An R., Wu, Y., Zhao, Z. (2021). Energy system transformations and carbon emission mitigation for China to achieve global 2 °C climate target. *Journal of Environmental Management*, 292, 112721.
- Zhao, J., Dong, K, Dong, X, Shahbaz, M. (2022). How renewable energy alleviate energy poverty? A global analysis. *Renewable Energy*, 186, 299-311.
- Zheng, M., Feng, G-F., Jang, C-L., Chang, C-P. (2021). Terrorism and green innovation in renewable energy. *Energy Economics*, 104, 105695.