

Original Research Article

Sürdürülebilir Kalkınma Ekseninde Enerji Verimliliği Uygulamaları: Türkiye Değerlendirmesi

Aysun Sağbaş^{1,*}, Büşra Başbuğ¹

¹Endüstri Mühendisliği Bölümü, Çorlu Mühendislik Fakültesi, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Tekirdağ, Türkiye

Geliş: 16.12.2018

Kabul: 31.12.2018

Özet: Günümüzde çok önemli bir kullanım oranına sahip enerji kaynağı olarak, kömür, petrol, doğalgaz gibi fosil yakıtların hızla azalması ve bu kaynakların yarattığı çevresel problemler, hem bu kaynakların rasyonel ve ekonomik biçimde kullanımını zorunlu kılmakta, hem de enerji verimliliğinin sürdürülebilir kalkınma için mutlak gerekliliğini ortaya koymaktadır. Son yıllarda tüm dünyada kullanılan enerji miktarının hızla artması ve buna bağlı olarak ekosistem dengesinin bozulması sadece çevreyi koruma konusunda değil, aynı zamanda sürdürülebilir kalkınma açısından da, enerji kullanımı üzerinde yeni yaklaşımların oluşmasına neden olmuştur. Bu kapsamda enerji verimliliği; sürdürülebilir kalkınma açısından öncelikli olarak incelenmesi ve mevcut durum ve geliştirilme potansiyeli açısından araştırılması gereken önemli bir konudur. Sunulan çalışmada; Türkiye'nin enerji görünümü ve potansiyeli değerlendirilerek, enerji verimliliği ve iklim değişikliği performansı irdelenmiş ve sektörel bazda enerji verimliliği çalışmaları mevcut durum ve gelecek projeksiyonları açısından değerlendirilmiştir. Ayrıca, Türkiye'de enerji verimliliği uygulamalarının artırılması için öneriler sunulmuş ve enerji verimliliği indeksi (ODEX) sektörel bazlı değerlendirilerek, enerji verimliliği uygulamalarının tasarruf potansiyelleri karşılaştırmalı olarak verilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Enerji verimliliği, Sürdürülebilirlik, ODEX indeksi, İklim değişikliği, Türkiye

Energy Efficiency Applications in Sustainable Development Axis: Turkey Rating

Abstract: Today, the rapid reduction of fossil fuels such as coal, oil and natural gas, which have a significant utilization rate and the environmental problems created by these sources, necessitate both the rational and economic use of these resources and the absolute necessity of energy efficiency for sustainable development. In recent years, the increase in the amount of energy used all over the world and the decline of ecosystem balance has caused new approaches to energy use not only in protecting the environment but also in terms of sustainable development. In this context, energy efficiency is an important issue that needs to be investigated in terms of sustainable development and the potential for present situation and development. In the present study; Turkey's energy outlook and evaluating potential, energy efficiency and climate change performance is examined and sectoral energy efficiency studies have been analyzed in terms of the current situation and future projections. Additionally, offered suggestions for the improvement of energy efficiency applications in Turkey and an energy efficiency index (ODEX) evaluated based sector, the savings potential of energy efficiency practices are presented comparatively.

Keywords: Energy efficiency, Sustainability, ODEX index, Climate change, Turkey

Received: 16.12.2018

Accepted: 31.12.2018

* Sorumlu yazar.

E-posta adresi: asagbas@nku.edu.tr (A. Sağbaş)

1. Giriş

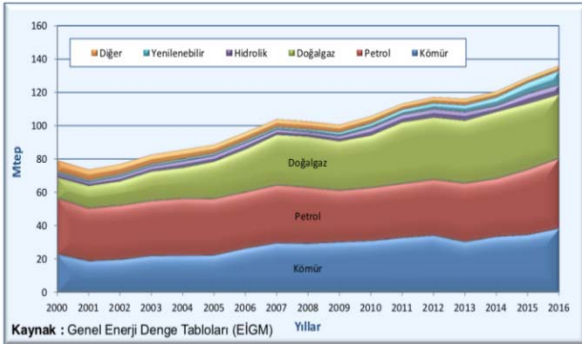
Ekonomik büyüme ve gelişme ekseninde önemli bir factor olan enerji, ülkelerin uluslararası politikalarının yönetilmesinde anahtar bir role sahiptir. Enerji, ekonomik ve sosyal kalkınmanın önemli bileşenlerinden biri olarak yaşam standartlarının yükseltilmesinde hayati bir rol oynamaktadır. Daha fazla mal ve hizmet üretilmesi ve toplumun yaşam standartlarının yükseltilmesi, enerji kullanım oranı ile direk ilişkilidir. Dolayısıyla, artan nüfus miktarına paralel olarak insane yaşamının vazgeçilmez bir parçası olan enerji kullanım oranı da artmaktadır. Doğal kaynakların hızla tüketilmesi, artan çevre kirliliği ve yüksek enerji maliyetleri gibi kısıtlar göz önünde bulundurulduğunda; enerjinin sanayi, bina, hizmet, ulaştırma vb. gibi alanlarda daha verimli ve etkin kullanılması zorunlu hale gelmiştir. Dünya ekonomisinin 2050 yılında bugüne göre 4 kat büyüyeceği ve %80 daha fazla enerji ve doğal kaynağa ihtiyaç duyulacağı tahmini ekseninde, enerji verimliliği çalışmalarının mutlak gerekli olduğu görülmektedir [1]. Türkiye gibi enerjide dışa bağımlı olan ülkeler için, enerji ihtiyacını karşılayabilmenin ve dışa bağımlılığı azaltabilmenin öncelikli yolu, mevcut enerjinin verimli bir şekilde kullanılmasıdır. Dünya enerji ihtiyacının karşılanmasında önemli bir paya sahip (% 85–90) olan fosil yakıtların (kömür, petrol ve doğalgaz) rezervleri sınırlı olup, hızla tükenmektedir. Özellikle kalkınmakta olan ülkelerin fosil yakıt taleplerinde kesintisiz bir artış söz konusudur. Mevcut kullanım düzeylerinin sabit kalması durumunda bile özellikle petrol rezervlerinin uzun olmayan bir süre içerisinde tükeneceği tahmin edilmektedir. Biraz daha fazla reserve sahip doğalgaz kaynakları için de benzer bir durumun söz konusudur. Fosil yakıtlardan petrolün 40–45 yıl, doğalgazın 60–70 yıl ve kömürün 240–250 yıl sonar tükeneceği tahmin edilmektedir [2]. Bu yüzyılın ikinci yarısında petrol ve doğalgaz gibi bazı fosil yakıtların rezervlerinin sonuna gelineceği tahmin edildiğinden, bütün enerji kaynaklarının verimli bir şekilde kullanılması büyük önem taşımaktadır. Enerji verimliliği, Türkiye gibi enerji ithal eden ülkeler için dışa bağımlılığın artması ve tüm dünyada küresel ısınma ve çevre sorunlarının ön plana çıkmasıyla daha da önemli hale gelmiş ve özellikle elektrik ve doğalgaz piyasalarının yeniden şekillenmesinde kritik rol oynamıştır. Artan nüfus, refah düzeyi ve sanayileşme ile birlikte enerji ihtiyacı Avrupa ülke ortalamalarına göre çok daha hızlı artmaya devam eden ülkemizin, dışa bağımlılığını azaltmak, kaynak çeşitliliğini artırmak, enerji talep artışını sorunsuz karşılamak ve arz güvenliğini sağlamak için rekabetçi, şeffaf, tüketicinin korunduğu, çevresel sürdürülebilirliği de dikkate alan bir enerji sektörü her zaman önceliği olmuştur [3]. Bu kapsamda Türkiye’de hızla artmakta olan enerji talebini karşılamak için sınırlı olan doğal kaynaklarımızı rasyonel bir şekilde kullanmaya, yeni teknolojilerle enerji üretimini çeşitlendirmeye, mevcut teknolojilerin verimliliğini arttırmaya ve alternatif enerji kaynaklarını değerlendirmeye yönelik politika geliştirilmelidir [4]. Enerji ihtiyacının sürekli arttığı ama kaynakların gittikçe azaldığı dünyada, enerjinin verimli kullanılmasını sağlamak için çok çeşitli programlar uygulanmaktadır. Sürdürülebilir kalkınmanın enerji ile ilişkisi, enerjinin tüketicilere güvenli biçimde sunulması ekseninde ele alınmakta ve enerji-kalkınma ilişkisi bu çerçevede değerlendirilmektedir. Sürdürülebilir kalkınmanın sürekli ve

kaliteli bir enerji arzıyla mümkün olacağı bilinen bir gerçektir. Ancak, günümüzde çok önemli bir kullanım oranına sahip enerji kaynağı olarak, kömür, petrol, doğalgaz gibi fosil yakıtların hızla azalmakta oluşu, diğer yandan bu kaynakların yarattığı çevresel problemler, hem bu kaynakların rasyonel ve ekonomik biçimde kullanımını gerekli kılmakta, hem de enerji verimliliğinin sürdürülebilir kalkınma için mutlak gerekliliğini ortaya koymaktadır. Bu çerçevede, enerji verimliliği ve sürdürülebilir kalkınma ülkelerin gelişiminde vazgeçilmez bir öneme sahiptir. Türkiye’de bina, sanayi (özellikle tekstil ve çimento), hizmet ve ulaştırma sektörlerinde enerjinin etkin kullanılması konusunda yapılan çalışmalar incelendiğinde; son on yılda çok sayıda araştırma yapıldığı görülmektedir (Cabak, 2018; Çavuşoğlu, 2015; Öztürkve ark. 2016; Alkayave Demirer ,2014; Çay, 2018; Pulatve ark., 2009; Atmacave Yumrutas, 2014; Kar, 2014; Sapmazve Kaya 2017; Ateş, 2015; Özkarave Atak, 2015; Akbaşve ark., 2018; Kavak (2004, Terzi ve Baykal, 2011). [5-18]. Enerji israfının önlenmesi sürecinde farklı sektörlerde yapılan çalışmalar sonucunda ortalama enerji tasarruf oranının; % 1-20 arasında olduğu belirlenmiştir. Türkiye Mühendisler ve Mimarlar Odası Birliği (TMMOB) tarafından hazırlanan raporda; elektrik dağıtım ve bulvar, cadde aydınlatmaları vb. Gibi hizmet sektörlerine yönelik enerji tasarruf olanak ve tedbirlerine, enerji verimliliği mevzuatının değerlendirilmesinde özelleştirilme sürecine olan etkisindeki çekincelere yer verilmiştir [19]. Türkay ve diğ. (2012) tarafından hazırlanan çalışmada literatürdeki diğer çalışmalardan farklı olarak enerji yönetimi politikalarında üniversitelerin, araştırma kuruluşlarının ve sivil toplum örgütlerinin rolü ile enerji verimliliği uygulamalarının artırılmasına yönelik öneriler ve tedbirler üretici, iletim ve tüketici odaklı olmak üzere üç ana başlık altında incelenmiştir [20].

2. Türkiye’nin Enerji Görünümü Ve Enerji Potansiyeli

Türkiye’nin birincil enerji tüketiminde kömür, petrol ve doğalgaz kaynakları ön plana çıkmakta olup, bu üç kaynağın toplam birincil enerji tüketimi içerisindeki payları 2016 yılı için %87,3’tür. Kömür ve petrolün toplam tüketim içerisindeki payları 2000 yılına göre 2016 yılında azalma göstermiş olup söz konusu azalma doğal gaz ile ikame edilmiştir. Doğal gazın toplam birincil enerji tüketimi içerisindeki payı 2000 yılında %15,7’iken 2016 yılında bu oran %28,1’e yükselmiştir. Yenilenebilir enerji kaynakları (güneş, rüzgar, jeotermal ısı, biyoyakıt) ise toplam arz içerisinde fazla paya sahip olmamasına karşın, 2000-2016 döneminde yıllık bazda ortalama %14,4 oranında artış göstererek kaynak bazında en hızlı artışı gerçekleştirmiştir. 2016 yılında ülkemizin birincil enerji tüketimi 2000 yılına kıyasla %71,5 oranında artış göstererek 136,2 MTEP değerine ulaşmış olup birincil enerji arzındaki ithal enerji kaynaklarının oranı ise % 75’e yaklaşmaktadır (Şekil 1).

Ülkemizin birincil ve nihai enerji tüketiminde (2009 yılı hariç) 2001, 2008, 2009 ve 2013 yılları haricinde sürekli bir artış görülmektedir. Birincil enerji tüketimindeki yıllık ortalama artış 16 yıllık dönemde %3,4 olarak gerçekleşmiştir. Birincil ve nihai enerji tüketimindeki yıllık bazda artış oranları Tablo 1’de gösterilmiştir.

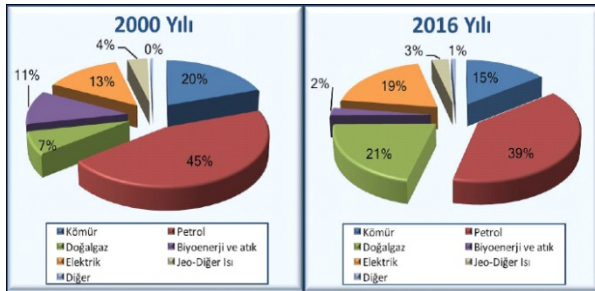


Şekil 1. Kaynak bazında birincil enerji tüketimleri [2].

Tablo 1. Birincil ve nihai tüketimin yıllık bazda ortalama artış oranları [21].

	2000-2008	2008-2016	2000-2016	2015-2016
Birincil Enerji Tüketimi	3,3 %	3,6 %	3,4 %	5,5 %
Nihai Enerji Tüketimi	3,0 %	3,8 %	3,4 %	5,0 %

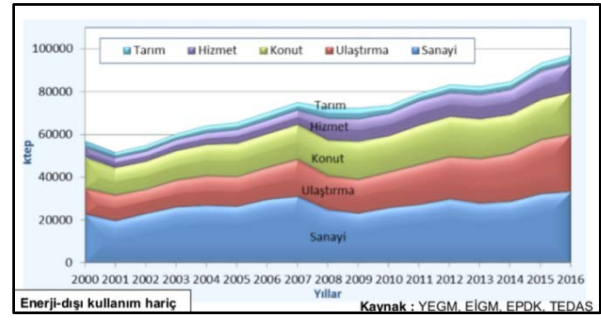
Türkiye'nin birincil enerji tüketimi 2016 yılında 2000 yılına göre %71,5 oranında artış göstererek 136,2 MTEP değerine ulaşmıştır. Birincil enerji tüketiminde yıllık bazda ortalama %3,4 oranında artış görülürken aynı dönemde GSYİH artışı yıllık bazda %4,9 olarak gerçekleşmiştir. 2005-2015 döneminde Türkiye'nin GSYİH'si bir birim artarken enerji tüketimi 0,8 birimlik artış göstermiştir. Bununla birlikte, aynı dönemde GSYİH'sini bir birim artıran Fransa enerji tüketimini 1,1, Almanya 0,5, Japonya 3,5 ve İngiltere 1,8 birim azaltmıştır.



Şekil 2. Kaynak bazında toplam nihai enerji tüketiminin dağılımı [23].

Kaynak bazında toplam nihai enerji tüketiminin dağılımı incelendiğinde (Şekil 2). Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı verilerine göre, Türkiye'nin toplam nihai enerji tüketimi 1990-2012 yılları arasında yıllık ortalama %3.93 düzeyinde artmıştır. 2020 için yapılan projeksiyonlara göre, ihtiyaç duyulacak 222 MTEP'lik birincil enerji talebini en az %15 azaltabilecek potansiyelin mevcut olduğu görülmüştür. Bu potansiyel 2005 fiyatlarıyla yaklaşık 16,5 milyar TL'lik bir tasarrufa eşdeğerdir [22].

Enerji tüketim artış oranı sektörel bazda Şekil 3'de gösterilmiş olup, yıllar bazında sektörel enerji tüketim artış oranları Tablo 2.'de verilmiştir.



Şekil 3. Sektörel enerji tüketimi [21].

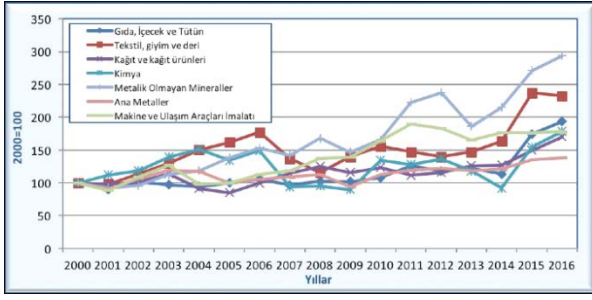
Şekil 3 ve Tablo 2 incelendiğinde; hizmet sektörü ile ulaştırma sektörü yıllık bazda sırasıyla %6,2 ve %5,1 oranında artış göstererek enerji tüketimlerinin en hızlı arttığı iki sektör olmuştur. Bu iki sektörü, sanayi sektörü %2,4 ve konut sektörü de %2,0'lik artış oranı ile takip etmektedir. Tarım sektörünün enerji tüketiminde ise yıllık bazda ortalama %1,7'lik bir artış görülmüştür.

Tablo 2. Sektörel bazda enerji tüketim artış oranı [21].

	2000-2008	2008-2016	2000-2016	2015-2016
GSYİH	4,6 %	5,2 %	4,9 %	3,2 %
Sanayi	6,1 %	6,1 %	6,1 %	4,3 %
Tarım	1,1 %	3,3 %	2,2 %	-2,6 %
Hizmet	4,1 %	5,0 %	4,6 %	3,2 %
Özel Tüketim	4,5 %	2,8 %	3,6 %	0,02 %
İmalat	5,4 %	5,7 %	5,6 %	3,8 %

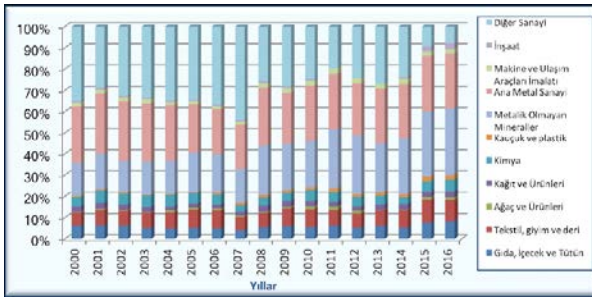
Hizmet ve ulaştırma sektörleri sırasıyla yıllık ortalama %6,2 ve %5,1 oranında artış göstererek enerji tüketimlerinin en hızlı arttığı iki sektör olmuştur. Tarım sektörünün enerji tüketiminde 2000-2008 dönemi için hızlı bir artış gözlemlenirken, 2008-2016 döneminde ise yıllık bazda ortalama %3'lük bir azalma söz konusudur. 2016 yılında sektörlerin toplam nihai enerji tüketimi içerisindeki paylarına bakıldığında, 2000 yılına göre sanayi, konut ve tarım sektörlerinin paylarının azaldığı görülürken ulaştırma ve hizmet sektörlerinin ise payı yükselmiştir. Sanayi sektörünün 2000 yılında %40 olan payı 2016 yılında %34'e gerilemiş olsa da hala enerji tüketimi en yüksek sektör konumundadır.

Türkiye'nin tüm sektörler için yıl bazında enerji tüketiminin arttığı ve toplam enerji tüketiminin uzun vadede artış eğiliminde olduğu görülmektedir. Ülkemizin toplam nihai enerji tüketimi içerisindeki sektörel enerji tüketimi paylarına bakıldığında, 2000-2016 yılları arasında sanayi, konut ve tarım sektörlerinin paylarının azaldığı, ulaştırma ve hizmet sektörlerinin enerji tüketim miktarlarının ise arttığı görülmektedir. Sanayi sektörü yıllar bazında enerji tüketimi Şekil 4.'de verilmiştir.



Şekil 4. Sanayi sektörü yıllar bazında enerji tüketimi [2]

2016 yılı, imalat sanayinde tüketilen toplam enerjinin yaklaşık %56'sı ana metal ve metalik olmayan minerallerin imalatı (çimento, cam, seramik) sektörlerinden kaynaklanmaktadır. Bu sektörler enerji yoğunluğunun da yüksek olduğu sektörlerdir. İmalat sanayii alt sektörlerinde enerji tüketimi dağılımı şekil 5.' de gösterilmiştir.



Şekil 5. İmalat sanayi alt sektörlerinde enerji tüketimi dağılımı [23].

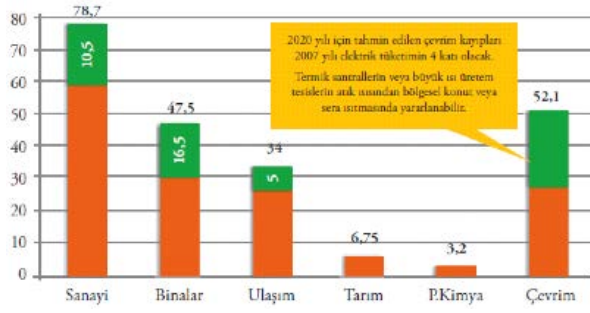
Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü verilerine göre (YEGM, 2017) Türkiye sanayinde enerji tüketiminin en fazla gerçekleştiği alt sektörler ana metal ve metalik olmayan minerallerin (çimento, cam, seramik) imalatı sektörleridir ve bu sektörlerdeki enerji tüketimi toplam enerji tüketiminin %55'ini oluşturmaktadır (Şekil 5). Türkiye sanayinin enerji tüketim miktarının yarısından fazlasını oluşturan bu sektörlerde, elektrik ve ısı tasarrufu potansiyeli metal sektörü için, %7-21 ve metalik olmayan mineraller sektörü için %7-34 aralığında değişmektedir [24]. Diğer yandan, kağıt, şeker ve tekstil alt sektörlerinin Türkiye sanayindeki enerji tüketimi payları nispeten daha düşük olsa da, bu sektörlerde de %57'lere ulaşan enerji tasarrufu potansiyeli olduğu görülmektedir.

3. Enerji Verimliliği Ve Sürdürülebilirlik

Enerji verimliliği, enerjinin verimli biçimde kullanılması, aynı ihtiyacı karşılamak amacı ile daha az enerji sarfiyatı yapabilmektir. Fakat bunu başarabilmenin bir maliyeti vardır. Amaç maliyetin geri ödemesinin kullanılan bina ömründen daha kısa olduğunun gösterilmesidir. Isı, gaz, buhar, basınçlı hava, elektrik gibi çok değişik formlarda olabilen enerji kayıpları ile her çeşit atığın değerlendirilmesi veya geri kazanılması veya yeni teknoloji kullanma yoluyla üretimi düşürmeden, sosyal refahı engellemeden enerji tüketiminin azaltılması olarak tarif edilebilecek enerji verimliliği çalışmaları; bina mimarisi, dış yapı elemanları, cam ve ısıtma/aydınlatma sistemleri ekseninde yürütülen ısı yalıtım çalışmalarından akıllı bina uygulamalarına, belli limitlerin altında yakıt tüketen araçların üretimi için getirilen

zorunluluklardan gelişmiş toplu taşıma sistemlerine, buzdolabı, çamaşır makinesi, televizyon, fırın gibi ev aletlerinde uygulanan etiketleme yaklaşımlarından yüksek verimli sanayi süreç dönüşümlerine, talep tarafı yönetimi ışığında puant yükün tasarruf yoluyla yataylaştırılmasından yeni tip santral teknolojilerine, elektrik üretim, iletim ve dağıtım süreçlerindeki kayıpların azaltılıp performans standartlarının yükseltilmesinden bütünleşik enerji arz ve talep yönetimlerine kadar bir dizi uygulamayı içermektedir [25]. Enerji verimliliği, enerjinin üretim, iletim, dağıtım ve tüketim süreçlerinde yüksek etkinlikte değerlendirilmesi, güvenli enerji arzının sağlanması, enerji arzında dışa bağımlılık sorunu ile mücadele edilmesi, ekonomik büyümeyi ve çevre korumayı teşvik eden sürdürülebilir enerji politikalarının oluşturulması gibi ulusal strateji hedeflerinin sağlanmasında tek başına etkili önlemdir. Bu amaçlarla hayata geçirilmesi planlanan enerji verimliliği yatırımlarının, 2035 yılı itibarıyla küresel ekonomiye kümülatif olarak 18 trilyon ABD Doları katkı sağlayacağı ve bu değerın Kuzey Amerika'nın (Amerika, Kanada ve Meksika) toplam ekonomisinden daha büyük olacağı belirtilmektedir [21]. Diğer taraftan enerji verimliliğinin bir göstergesi olan birincil enerji yoğunluğu 2016 yılında 0,12 kep/2010\$ olarak gerçekleşmiştir. Birincil enerji yoğunluğunda dünya ortalaması 0,18 kep/2010\$ iken OECD ve AB-28 ülkelerinin ortalaması ise sırasıyla 0,11 ve 0,09 kep/2010\$' dir. OECD ülkelerinin ortalamasına oldukça yakın bir konumda olan Türkiye'nin birincil enerji yoğunluğu, AB ülkelerinin ortalaması ile karşılaştırıldığında yüksek kalmaktadır. Bu çerçevede, enerji üretimi ve iletiminden nihai tüketime kadar ki bütün aşamalarda enerji verimliliğinin geliştirilmesi ile birincil enerji tüketiminde artışı azalma sağlanması, bilinçsiz kullanımın ve israfın önlenmesi, enerji yoğunluğunun hem sektörler bazında hem de makro düzeyde azaltılması ulusal enerji politikamızın öncelikli ve önemli bileşenlerindedir [26]. Hızla tükenen fosil yakıtların yerine bir yandan alternatif enerji kaynakları aranırken, diğer yandan mevcut kaynakların etkin biçimde değerlendirilmesi gündeme gelmekte ve enerji tüketiminin konforu etkilemeden düşürülmesi yönünde eğilimler oluşmaktadır. Enerji verimliliği hem enerjinin üretimi ve iletimi, hem de tüketimi alanında genel etkinlik çalışmalarının tümünü kapsamaktadır. Bir tarafta daha az maliyet ve daha az birincil kaynak kullanımıyla daha çok enerji üretimi yönünde çalışmalar sürerken, diğer tarafta aynı miktar enerjile daha çok iş yapılması veya aynı miktar işin daha az enerji tüketilerek yapılması konusunda çeşitli çalışmalar yürütülmekte, tedbirler geliştirilmekte, politika ve stratejiler üretilmektedir. Enerji verimliliği politikaları ve önlemleri temelde 2 Mayıs 2007 tarihinde yürürlüğe konan 5627 sayılı "Enerji Verimliliği Kanunu" nun temel amacı enerjinin etkin kullanılması, israfının önlenmesi, enerji maliyetlerinin ekonomi üzerindeki yükünün hafifletilmesi ve çevrenin korunması için enerji kaynaklarının ve enerjinin kullanımında verimliliğin artırılması olarak belirlenmiştir. Ulusal Enerji Eylem Planı ile 2023 yılına kadar kümülatif olarak 23,9 MTEP enerji tasarrufu sağlanması öngörülmekte olup bu tasarrufun parasal karşılığı ise 8,4 milyar dolardır. Enerji tasarrufunun sektörler göre dağılımına bakıldığında; binaların aslında sanayi ile oldukça yakın tüketim miktarlarına sahip olmasına karşın, sanayinin birinci sırada olduğu görülmektedir (Şekil 6). Enerji tüketiminin %30'u binalar tarafından yapılırken, özellikle

binaların enerji performansı ile bağlantılı yapılacak düzenlemeler ile bu tüketimin %50'ye varan oranlarda tasarruf sağlanabileceği belirtilmektedir.



Şekil 6. Sektörlere göre enerji tasarrufu [27].

Enerji verimliliği konusunda yapılan çalışmalar sonucunda bina sektöründe %30, sanayi sektöründe %20 ve ulaşım sektöründe %15 olmak üzere dört Keban Barajına eşdeğer yaklaşık 7,5 milyar TL değerinde enerji tasarruf potansiyelimizin olduğu tespit edilmiştir [28]. Türkiye'deki bina sayısının yaklaşık 8,5 milyon olduğunu, bunun da %86'sının konut olduğu gözönüne alınırsa, bahsedilen tasarruf oranının maddi karşılığı yılda 7 milyar dolardır. Bu tasarrufun çevre korumasına ve sürdürülebilir kalkınmaya olduğu kadar, ülke ekonomisine yapacağı katkı da kayda değer miktarda olacaktır. Ulusal enerji verimliliği eylem kapsamında Türkiye'nin 2023 yılında birincil enerji tüketiminin %14 azaltılması, 2023 yılına kadar kümülatif olarak 23,9 MTEP tasarruf sağlanması ve bu tasarruf için 10,9 milyar ABD doları yatırım yapılması, yatırımlar sonucunda 2033 yılına kadar kümülatif tasarruf miktarının 30,2 milyar ABD doları olması öngörülmektedir [29].

3.1. Binalarda Enerji Verimliliği ve Yeşil Binalar

Tüm konut ve hizmet binalarını kapsayan bina sektörünün toplam enerji tüketimi son 40 yıl içerisinde üç kat artmıştır. Bina (konut ve hizmet) sektörü enerji tüketiminin Türkiye'nin toplam enerji tüketimindeki payı, sanayileşmenin bir işareti olarak 2008 yılı başına kadar düzenli bir şekilde azalma eğilimi göstermektedir. 2008 yılında gerçekleşen küresel finansal krizin etkisi sonucu sanayi sektörünün kapasite kullanım oranında yaşanan düşüş nedeniyle, bina sektörü enerji tüketiminin Türkiye'nin toplam enerji tüketimindeki payı artmıştır. Küresel finansal krizin etkilerinin 2009 yılı sonrasında azalmasıyla birlikte, konut ve hizmet sektörü enerji tüketiminin Türkiye'nin toplam enerji tüketimindeki payı tekrar azalmaya başlamıştır [30]. Enerji tüketiminin yaklaşık %35'inden tek başına sorumlu olan binalar enerji verimliliği açısından büyük bir potansiyel içermektedir. Türkiye'de binalarda birim alanı ısıtmak amacıyla harcanan enerji, AB ülkelerine göre 2-3 kat daha fazladır. Elektrik enerjisinin yaklaşık %60-70'i ev aletlerinde, %30-40'ı aydınlatmada kullanılmaktadır. Tüm bu veriler gösteriyor ki, binalar gerek enerjinin tüketilmesinde, gerekse sera gazı salınımında dünyada önemli bir yere sahiptir. Bu çerçevede, yaşamın ve kaynakların sürdürülebilirliğinin sağlanabilmesi için, gerekli önlemlerin alınmasına yönelik çalışmaların yapılması giderek daha da önemli bir hale gelmektedir. Binalarda enerji temini için kullanılan fosil yakıt ve elektrik enerjisi karbondioksit emisyonlarına sebebiyet vermektedir. Binanın

sürdürülebilirlik kalitesi üretimine sebep olduğu karbondioksit gazı ile ilişkilendirilmektedir. Bu doğrultuda yaşamın ve kaynakların sürdürülebilirliğinin sağlanması için yapılabilecek çalışmalar en temel olarak, sürdürülebilir enerji kullanımı, enerji ihtiyacının düşürülmesi ve enerji kullanımında verimliliğin artırılması sürdürülebilir yeşil bina olarak tanımlanan ekolojik binaların yapılması olarak sıralanabilir [21].

Sürdürülebilir binalar aynı zamanda çevre dostu olduklarından dolayı, yeşil binalar olarak da adlandırılmaktadır. Enerji etkin binalar, kullanıcı konforundan ödün vermeden enerjiyi etkin ve en azda kullanabilmeyi sağlayabilmeli, iç ve dış ortam koşullarındaki değişimleri algılamalı, değişimlere anında cevap verebilmeli ve koşullara uyum sağlayabilmelidir [31]. Uluslararası Enerji Ajansı'na göre araştırmalar göstermektedir ki binalar, en önemli enerji tüketen unsurlardan biri olarak, dünyada toplamda kullanılan elektriğin yarısını, doğalgazın ise üçte birini tüketirken, ayrıca, toplamda atmosfere salınan sera gazlarının da üçte birinden sorumludurlar [4]. Yeşil binalar üzerinde yapılan araştırmalar, binaların bu şekilde tasarlanması ve işletilmesi durumunda, geleneksel yöntemlerle tasarlanmış ve işletilen ortalama binalara göre, Enerji kullanımında %24 ile %50 arasında, CO₂ emisyonlarında %33 ile %39 arasında, Su tüketiminde %30 ile %50 arasında, Katı atık miktarında %70 oranında, Bakım maliyetlerinde ise %13 oranında azaltım sağlanabileceğini göstermektedir [21,32].

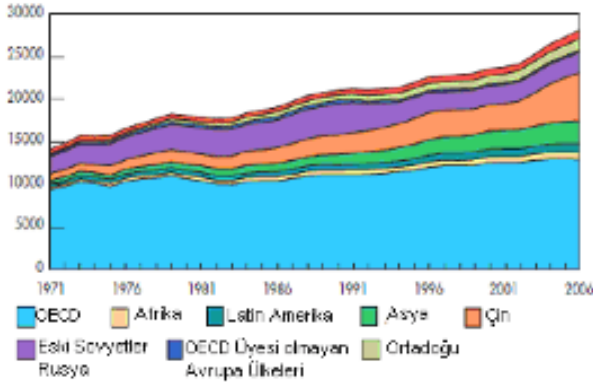
3.2. Sanayi Sektöründe Enerji Verimliliği

Sanayideki enerji tüketiminin sanayi üretimindeki artışa paralel olarak artacağı ortadadır. Demir-çelik sanayi 2011 yılında bir önceki yıla göre %17.2 oranında üretimini artırarak Dünya'daki en büyük on çelik üreticisi arasına girmiş, Avrupa'da ise Almanya'dan sonra en büyük ikinci çelik üreticisi konumuna yükselmiştir. Diğer bir alt sektör, çimento sanayi, her ne kadar son yıllarda büyüme hızında yavaşlama göstermiş olsa da Avrupa'nın en büyük çimento ihracatçısı olmaya devam ettirmektedir. Gelişmekte olan ülkelerin çoğunda olduğu gibi Türkiye'de de birçok sektörde (özellikle sanayi, binalar, ulaştırma) yüksek enerji tasarrufu potansiyeli mevcuttur. Çünkü enerji verimsiz kullanılmaktadır. Enerjiyi verimsiz kullanma lüksü olmayan ülkemizde bu durumu engellemek için yasal ve teknik uygulamaların öncesinde, bilgilendirme ve bilinçlendirme faaliyetlerinin etkin olarak yapılması ve sonucunda doğru politikaların belirlenmesi gerekmektedir. Sektörlerin enerji tüketimi ve enerji verimliliği potansiyeli gibi verilerinin ortaya konulması, ihtiyaca uygun politikaların seçilmesine ışık tutarak ileriki çalışmalara temel oluşturacaktır. [33].

4. İklim Değişikliği Ve Sürdürülebilirlik

Kaynakları hızla tükenmekte olan dünyamızda, kullanılan enerji miktarının hızla artması ve buna bağlı olarak ekosistem dengesinin bozulması sadece çevreyi koruma konusunda değil, aynı zamanda enerji kullanımı üzerinde de yeni yaklaşımların oluşmasına neden olmuştur. Özellikle enerji verimliliği konusu, yaşanan enerji krizleri ve sera gazı salınımlarının yarattığı iklim değişikliği gerçeği ile birleşince, öncelikle ABD'de ve Avrupa'da ve sonrasında küresel ölçekte

mal ve hizmet alımlarındaki karar verme süreçlerinde önemli bir etken olmaya başlamış ve aynı ölçüde yasal düzenlemelerde de yer bulmaya başlamıştır. Dünyamız, artan enerji ihtiyaçlarına paralel olarak son yıllarda ciddi bir küresel ısınma tehdidiyle karşı karşıya kalmıştır. Çevremizin ve doğal kaynaklarımızın sürdürülebilirliği gün geçtikçe önem kazanmaktadır. Enerji talebinin giderek arttığı dünyamızda fosil yakıtlarımızın kullanım ömrü sınırlıdır. Günümüz teknolojik düzeyinde enerji ihtiyacını fosil yakıtlar olmaksızın karşılamak imkansızdır, o halde fosil yakıtlarımızın sürdürülebilirliği için bu yakıtların tüketiminin en aza indirilmesi, sürdürülebilir bir çevre için, yanma ürünü olan bütün emisyonların en önemlisi karbondioksit emisyonlarının azaltılması hatta terk edilmesi gerekmektedir. Karbondioksit salınımı minimize edilirken enerji tüketimi de azalmaktadır, fakat artan ilk yatırım maliyetleri kaçınılmaz olacaktır. Uluslararası Enerji Ajansı verilerine göre karbondioksitin üretildiği bölgeler ve karbondioksit üretiminin yıllara bağlı değişimi gösterilmiştir.



Şekil 7. Dünyada bölgelere göre CO₂ emisyonlarının gelişimi (Mt/yıl) [21].

Sera gazlarının neden olduğu küresel ısınma ve iklim değişikliği ile ilgili çalışmalar 20. yüzyılın sonlarında yoğunlaşmış ve soruna küresel çözüm bulmak üzere, Birleşmiş Milletler tarafından hazırlanan “İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi” ve “Kyoto Protokolü” dünyada yürürlüğe girmiştir. Son otuz yıl içerisinde CO₂ emisyonları iki kat artmıştır. Dünya üzerindeki CO₂ emisyonlarının ülkelere göre dağılımı Şekil 7’ de verilmiştir.

Sürdürülebilir olarak tanımlanan bir çevre için salınımına sebep olunan tehlikeli sera gazları emisyonları ile içerisinde en büyük tehlike teşkil eden karbondioksit salınımının azaltılması gereklidir. Oysa, binalarda enerji temini, ısınma, soğutma, elektrik üretimi ve her türlü ihtiyaç için kullanılan fosil yakıtlar karbondioksit üretimine sebep olmaktadır [34].

1990-2004 yılları arasındaki dönemde, kömüre göre daha az emisyon veren doğalgazın elektrik üretiminde kullanımının artmasına bağlı olarak, elektrik sektörü CO₂ yoğunluğunda (kgCO₂/kW-saat) genel bir azalma olmakla birlikte, hidrolik üretiminde düşüş olduğu yıllarda artış göstermektedir. Tüm dünyayı ilgilendiren iklim değişikliği sorununa uluslararası platformlarda çözüm bulmak amacıyla, Birleşmiş Milletler (BM) tarafından 1992 yılında, BM İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi-İDÇS (United Nations Framework Convention on Climate Change-UNFCCC) imzaya açılmış olup, 1994 yılında yürürlüğe girmiştir. USGBC önümüzdeki 25 yıl içinde

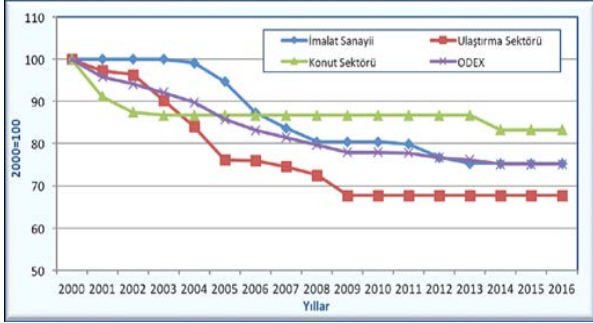
binalardan kaynaklanan CO₂ emisyonlarının, yılda %1,8’lik bir oranla diğer sektörlerle göre çok daha hızlı bir artış göstereceğini öngörmektedir [14,21].

Elektrik üretiminde sera gazlarının azaltılması için alınması gereken önlemler, genel olarak, fosil yakıtlarının kullanımının azaltılması; hidrolik ve yenilenebilir enerji kaynakları v.b. kaynakların artırılması; yüksek verimli, gelişmiş teknolojilerin uygulanması ve son yıllarda gündeme gelen karbon tutma ve depolama teknolojisi (Carbon capture and storage) olarak sıralanabilir. Ancak bu önlemlerin alınmasında ülkemizin ekonomik koşulları ve elektrik enerjisi talebindeki hızlı artış dikkate alınmalıdır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının artırılması önemlidir, ancak hızla artan talebin karşılanmasında yeterli olamayacağı açıktır. Kömüre dayalı termik santraller için mevcut gelişmiş teknolojilerin maliyetleri oldukça yüksek olup, çoğu ticarileşmemiştir. Karbon tutma ve depolama teknolojisinde ise, çözümlenmesi gereken pek çok teknik, mali ve idari sorun olup, ticarileşmesi ve maliyetlerin düşerek yaygınlaşması için 2030’lu yıllar hedeflenmektedir [35]. Ulusal İklim Değişikliği Strateji Belgesi’deki İklim Değişikliği Üzerine 1. Ulusal Bildirimi referans durum senaryosunda CO₂ salımlarının 2008 yılında 366 mT CO₂’den 2020 yılında 604 mT CO₂ seviyesini aşacak şekilde artacağı tahmin edilmektedir. 2020 yılında Türkiye’nin CO₂ emisyon seviyeleri BAU durumunda 75 mt CO₂ (%12) seviyesinde olacak, toplam kümülatif CO₂ emisyonu ise %7,1 oranında azalacaktır. Enerji verimliliğine ilaveten emisyon azalma elde etmek mümkündür ve Emisyon Azaltımının Uzatımı durumunda (7) salımda 75 mt CO₂ indirim olacağı tahmin edilmektedir [36].

5. Enerji Verimliliği Endeksi (ODEX)

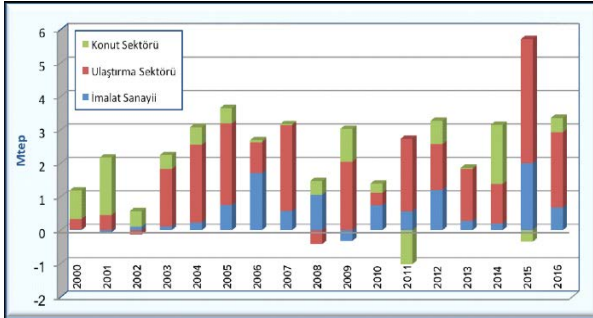
Dünyada, özellikle de gelişmiş ülkelerde enerjinin verimli kullanılması için çok çeşitli çalışmalar yapılmakta, enerji verimli teknolojilerin geliştirilmesi ve yaygınlaştırılması için büyük bütçeli programlar uygulanmaktadır. Enerjinin verimli kullanımıyla ilgili göstergelere göre Türkiye’nin dünya ortalamasından bile geride olduğu ve bir birim katma değer üretebilmek için pek çok ülkeye göre oldukça yüksek düzeyde enerji harcadığı görülmektedir. Avrupa Birliği’nde ODYSSEE projesi kapsamında geliştirilen ve ODEX olarak adlandırılan “Enerji Verimliliği Endeksi” sektörel bazda enerji verimliliği eğilimlerini izlemek için geliştirilen alternatif bir göstergedir. Nihai tüketim sektörlerinde her bir alt sektörün birim enerji tüketim indisi ile söz konusu alt sektörlerin enerji tüketimindeki payları esas alınarak hesaplanmaktadır. Endeks değerindeki düşüş enerji verimliliğinin iyileşmesi anlamına gelmektedir. Bu tip endeksler enerji verimliliği değişimlerini enerji yoğunluğuna göre daha iyi ifade etmektedirler. 2000-2016 döneminde Türkiye’nin enerji verimliliği gelişimi incelendiğinde, imalat sanayiinde enerji verimliliği indeksine, ODEX, göre toplamda %24,8, yıllık bazda ise %1,8 oranında bir iyileşme söz konusudur. Bu iyileşme oranı enerji verimliliğindeki toplam iyileşmeyi göstermekte olup sektörlerin bu iyileşmeye sundukları katkı farklı düzeylerde gerçekleşmiştir. 16 yıllık dönemde %32,3 oranında gelişme kaydeden ulaştırma sektörü enerji verimliliğindeki iyileşmede en büyük katkıya sahiptir. Ulaştırma sektörünün enerji verimliliği endeksi yıllık bazda ortalama %2,4 gibi bir iyileşme göstermiştir. Ulaştırma sektöründen sonra enerji

verimliliği endeksindeki en büyük iyileşme %24,7 ile imalat sanayinde gerçekleşmiştir. İmalat sanayii enerji verimliliği endeksinde yıllık bazda ortalama %1,8 oranında gelişme kaydedilmiştir [2,14]. Konut sektöründe ise 16 yıllık dönemde %16,8 oranında bir iyileşme görülürken yıllık bazda iyileşme oranı ise %1,1 olarak gerçekleşmiştir (Şekil 8).



Şekil 8. Enerji verimliliği endeksi (ODEX) [2].

AB-28 ülkelerinde ise 2000-2015 dönemi için ODEX endeksine göre toplamda %18,1, yıllık bazda ise %1,3 oranında bir iyileşme söz konusudur. 15 yıllık dönemde %27,3 oranında gelişme kaydeden konut sektörü enerji verimliliğindeki iyileşmede en büyük katkıya sahip olup yıllık bazda %2,1 iyileşme göstermiştir. Aynı dönemde %20,4 oranında gelişme kaydeden imalat sanayii, konut sektöründen sonra enerji verimliliğinde en fazla iyileşmenin görüldüğü ikinci sektör olmuş ve yıllık bazda %1,5 oranında iyileşme göstermiştir. Ulaştırma sektöründe toplamda %13,4, yıllık bazda ise %0,9 oranında iyileşme görülmüştür. Hizmet sektörü ise toplamda %5,7 ve yıllık bazda da %0,4'lük iyileşme ile AB-28 kapsamında enerji verimliliğine en az katkı sunan sektör olmuştur (Şekil 9).



Şekil 9. Enerji verimliliği endeksine göre yıllık sektörel tasarruf miktarı [2].

Enerji verimliliği endeksi (ODEX) temelinde; Türkiye ve AB-28 ülkelerinde enerji verimliliği sürecindeki gelişmeler incelendiğinde; Türkiye'de 2000-2016 yılları arasında toplamda %24,8, yıllık bazda %1,8 ve AB-28 ülkelerinde ise toplamda %18,1, yıllık bazda %1,3'lük bir iyileşme sağlandığı görülmüştür [2]. Elde edilen verilere göre; Türkiye'de enerji verimliliği çalışmaları sonucunda sağlanan tasarruf miktarının, AB-28 ülkeleri ortalamasının üzerinde olduğu açıkça görülmektedir. Elde edilen tasarrufun sektörel dağılımı incelendiğinde ise; ulaştırma sektörü %32,3, imalat sektörü %24,7 ve konut sektöründe %16,8 oranında gerçekleştiği görülmüştür [30].

Sonuçlar ve Öneriler

Enerjinin etkin kullanılması, israfın önlenmesi, enerji maliyetlerinin ekonomi üzerindeki yükünün hafifletilmesi ve çevrenin korunması için enerji kaynaklarının ve enerjinin kullanımında verimliliğin artırılması büyük önem arz etmektedir. Günümüzde enerji üretimi kaynaklı CO₂ emisyonundaki artış, dünyadaki yüksek nüfus artışı hızı ve fosil enerji kaynaklarına dayalı mevcut enerji süreci her hangi bir değişiklik yapılmadan devam ettirilirse mevcut iklim değişikliği probleminin hızlanarak devam etmesi olasıdır. Enerji verimliliği politikalarını etkin uygulayan ülkelerde; yerli enerji kaynaklarının israf edilmemesi ve korunması, enerji tedarikinde yerli kaynakların kullanılarak dışa bağımlılığın önüne geçilmesi, kurulu gücün etkin kullanımı, olumsuz çevresel etkilerinin azaltılması gibi amaçlar için enerji verimliliği; en önemli politik araç olarak kabul edilmektedir. Enerji verimliliği politikalarına paralel olarak, iklim değişikliği ile mücadele etmek için, karbon yoğunluğunun düşürülmesini hedefleyen politikalar yerel, ulusal ve küresel ölçekte benimsenmelidir. Fosil yakıtların kullanım ömürlerinin kısıtlı olduğu düşünüldüğünde, alternatif enerjilere yönelmek önem arz etmekte ve mevcut fosil yakıt kullanımının derhal terk edilmesi gerekmektedir. Türkiye'de enerji verimliliği düzeyinin düşük olması nedeniyle, enerji talebinin karşılanması konusunda yapılması gereken ilk uygulama, tüm sektörlerde sürdürülebilir enerji verimliliği çalışmalarının hayata geçirilmesidir. Ülkemizde hızla artmakta olan enerji talebini karşılamak için sınırlı olan doğal kaynaklarımızın kullanımını optimize etme, yeni teknolojilerle enerji üretimini daha verimli hale getirme, mevcut teknolojilerin verimliliğini artırma konularına yönelik politika ve stratejilerin geliştirilmesi ve uygulanması büyük önem arz etmektedir. Enerji konusunun, Türkiye'nin ekonomik ve sosyal kalkınması açısından doğru analiz edilmesi ve Türkiye için ekonomik politikalar ile bütünleşik bir enerji politikası oluşturulması ve uygulamada ivedilikle devreye alınması gerekmektedir. İklim değişikliğiyle mücadelede etkinliğin artırılması, enerjinin üretiminden tüketimine kadar olan tüm süreçlerdeki verimliliğinin artırılması, israf noktalarının ortadan kaldırılması ve enerji yoğunluğunun azaltılması büyük bir önem taşımakta olup, birçok dünya ülkesinde olduğu gibi Türkiye'de de zorunlu hale gelmiştir.

Kaynaklar

- [1] OECD, (2012), OECD Environmental Outlook to 2050: The Consequences of Inaction International Government Publication, Paris.
- [2] YEGM, 2018. Türkiye Enerji Verimliliği Gelişim Raporu
- [3] Ozturk, A. Yeşil Bina Sertifikasyon Sisteminin Analizi, (2015), Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü.
- [4] Cetinkaya, E., Binalarda Enerji Verimliliği Analizi, (2012), İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü.
- [5] Cabak, B., Tekstil Fabrikasında Enerji Verimliliği Uygulamaları, (2018), Yüksek Lisans Tezi, Trakya Üniversitesi, Edirne.
- [6] Çavuşoğlu, B., Tekstil Sektöründe Temiz Üretim

Teknolojisi Uygulamaları. (2015), Yüksek Lisans Tezi, Namık Kemal Üniversitesi, Tekirdağ.

[7] Oztürk, E., Köseoğlu, H., Karaboyacı, M., Yiğit, O., Yetiş, U., Kitis, M., (2016), Sustainable Textile Production: Cleaner Production Assessment/Eco-Efficiency Analysis Study in a Textile Mill, *Journal of Cleaner Production*, 138(2), 248-263.

[8] Alkaya, E., Demirer, N., G., (2014), Sustainable Textile Production: A Case Study from a Woven Fabric Manufacturing Mill in Turkey, *Journal of Cleaner Production* 65, 595-603.

[9] Çay, A., (2018), Energy Consumption and Energy Saving Potential in Clothing Industry, *Energy* 159, 74-85.

[10] Pulat, E., Etemoğlu, B.A., Can, M., (2009), Waste-Heat Recovery Potential in Turkish Textile Industry: Case Study for City of Bursa, *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 13, 663-672.

[11] Atmaca, A., Yumrutas, R., (2014), Analysis of the Parameters Affecting Energy Consumption of a Rotary Kiln in Cement Industry, *Applied Thermal Engineering* 66, 435-444.

[12] Kar, B.Y. Atıkların Gazifikasyonunu Yapan Bir Tesiste; Endüstriyel Arıtma Çamurlarının Enerji Verimliliğinin Değerlendirilmesi, (2014), Yüksek Lisans Tezi, Trakya Üniversitesi, Edirne.

[13] Sapmaz, S., Kaya, D., (2017), Basınçlı Hava Sistemlerinde Enerji Verimliliği ve Emisyon Azaltım Fırsatlarının İncelenmesi, *Mühendis ve Makina*, 58(689), 23-36.

[14] Ates, A.S., (2015), Energy Efficiency and CO₂Mitigation Potential of the Turkish Iron and Steel Industry Using the LEAP (Long-Range Energy Alternatives Planning) System, *Energy* 90, 417-428.

[15] Ozkara, Y., Atak, M., (2015), Regional Total-Factor Energy Efficiency and Electricity Saving Potential of Manufacturing Industry in Turkey, *Energy* 93, 495-510.

[16] Akbas, B., Kaya, D., Eyidoğan, M., (2018), Bir Otomobil Montaj Fabrikasının Enerji Tüketim Analizi ve Enerji Tasarrufu Potansiyelinin Değerlendirilmesi, *Mühendis ve Makina*, 59(691), 85-100.

[17] Kavak, K. Dünyada ve Türkiye’de Enerji Verimliliği ve Türk Sanayinde Enerji Verimliliğinin İncelenmesi, (2004), DPT Uzmanlık Tezleri, Ankara.

[18] Terzi, K., Ü., Baykal, R. (2011). Efficient and Effective Use of Energy: A Case Study of TOFAS, *Environmental Research, Engineering and Management* 1(55), 29-33.

[19] TMMOB (2008). Dünyada ve Türkiye’de Enerji Verimliliği Oda Raporu, Ankara.

[20] Türkay, M., Yılmaz, Ş., Akça, B.Ş., Aras, B., Denk, A., Kılavuz, M. T. ve diğ. (2012). Türkiye’nin Enerji Verimliliği Haritası ve Hedefler, Koç Üniversitesi Tüpraş Enerji Merkezi, İstanbul.

[21] Uluslararası Enerji Ajansı (IEA)

[22] WWO. (2011). EnerjiRaporu. http://d2hawim0tjbd8.cloudfront.net/downloads/wwf_enerjiraporu.pdf

[23] <http://www.eigm.gov.tr/tr>

[24] Makine Mühendisleri Odası. (2012).

[25] Özyurt, G., ve Karabalık, K., (2009) Enerji Verimliliği, Binalarda Enerji Performansı ve Türkiye’deki Durum, *TMMH-457*, (5), 32-34

[26] Bilen, L., Türkiye Elektrik Enerji Sektöründe Robust Optimizasyon Modeli, (2016), Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

[27] www.enver.org.tr

[28] Enerjini Boşa Harcama Kitapçığı. (2008).

[29] Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB). 2010–2014StratejikPlanı.

[30] Düzgün, B., Türkiye’nin Enerji Verimliliğinin Değerlendirilmesi: Beyaz Sertifikalar Sisteminin Türkiye’ye Uygulanabilirliğinin İncelenmesi, (2014), Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü.

[31] Yılmaz, B., Binalarda Enerji Verimliliği ve Sürdürülebilirlik, (2009), Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü.

[32] Türkiye Enerji ve Enerji Verimliliği ÇalışmalarıRaporu, 2010.

[33] World Energy Council Türk Milli Komitesi. (2013)

[34] Selva Tüzüner. (2008). Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi.

[35] Workshop on Early Options for Carbon Capture and Storage. (2007). Oslo-Norway.

[36] Keskin, T., Ünlü, H. (2010). Türkiye’de Enerji Verimliliğinin Durumu ve Yerel Yönetimlerin Rolü.