

Şehir Kaynaklı Sera Gazı Emisyonunun Belirlenmesi: Kocaeli İli Örneği

Çağla ATMACA¹, Orhan SEVİMOĞLU^{1*}

ÖZET: Şehirlerde insan kaynaklı faaliyetler sonucu atmosfere önemli miktarda sera gazı emisyonu salınmaktadır. Bu gazların salınımlarının hızla artması sonucu küresel ısınma ile beraber, iklim değişikliğine neden olduğu bilinmektedir. Bu çalışmada, Kocaeli ilinde başlıca şehir kaynaklarından salınan metan (CH₄), karbondioksit (CO₂) ve nitroz oksit (N₂O) gazlarının salınım değerleri Hükümetler Arası İklim Değişikliği Paneli'nin (IPCC) Kademe 1 yöntemi ile CO₂ eşdeğerine çevrilerek hesaplandı. Yoğun nüfusu ve sanayi faaliyetlerine sahip olan Kocaeli'de, elektrik üretimi ve tüketimi, ısınma, ulaşım ve atık yönetiminden kaynaklanan sera gazı emisyonlarının toplam miktarları 2015, 2016 ve 2017 yılları için sırasıyla 28 131 515 ton CO₂-eşd, 25 985 586 ton CO₂-eşd ve 21 228 854 ton CO₂-eşd olarak hesaplandı. Kocaeli ilinde üç yılın sera gazı emisyonu ortalamasına göre % 50.8'lik payı ısınmadan kaynaklandığı belirlendi. Konutlarda ısınma ihtiyacını karşılamak için yıllara bağlı olarak doğal gaz kullanımı artarken, kömür kullanımının azalmasıyla sera gazı emisyonunda azalma sağlandı. Ayrıca, araç yakıtı kullanımında motorin ve benzinden kaynaklı sera gazı emisyonu oranları sırasıyla %93.5 ve %6.5 değerleri 2017 için bulundu. Motorin, ulaşımdan kaynaklı dikkate alınabilir seviyede sera gazı emisyonu kaynağı olarak belirlendi. Atık yönetiminden kaynaklanan sera gazı ise, toplam emisyonun %0.8 değerinde olup çok düşük bir orana sahiptir. Ayrıca, toplu ulaşımda sera gazı emisyonunu azaltmak için CNG yakıtlı otobüslerin kullanımı artırıldı. Genel olarak bakıldığında Kocaeli ilinde 2015 yılından 2017 yılına kadar sera gazı emisyon trendinde %24.5'lik bir düşüş gerçekleşti. Bu durumda, sektörler bazında en fazladan en aza sera gazı emisyonu kaynakları sırasıyla şunlardır; ısınma, elektrik tüketimi, elektrik üretimi, ulaşım, atık yönetimi.

Anahtar Kelimeler: Emisyon, sera gazı, şehir kaynakları, azaltım.

Determination of City-Based Greenhouse Gas Emissions: The Case Study of Kocaeli Province

ABSTRACT: A significant amount of greenhouse gas (GHG) emissions is emitted to the atmosphere from human activities in cities. These gases are known to cause climate change along with global warming as a result of rapid increase in the environment. In this study, the emission values of CH₄, CO₂ and N₂O gases emitted from major urban sources in Kocaeli were calculated by converting them to CO₂ equivalent by using the Intergovernmental Panel on Climate Change model. The total amount of GHG emissions from the sources of electricity production and consumption, heating, transportation and waste management in Kocaeli, which has a dense population and industrial activities, are 28 131 515 tons CO₂-eq, 25 985 586 tons CO₂-eq and 21 228 854 tons CO₂-eq for 2015, 2016 and 2017, respectively. The highest GHG emission was determined to be caused by heating supply with three-year average share of 50.8%. While the rate of natural gas usage increased to meet the heating need in the residential buildings, a decrease in greenhouse gas emission has been achieved with the decrease in coal use. In addition, the ratios of GHG emissions from diesel and gasoline were 93.5% and 6.5% for 2017, respectively. The emission from diesel was determined at a remarkable high level. On the other hand, GHG emission from the waste management was 0.8% of total emission. Besides, the use of CNG fueled buses has been increased to reduce GHG emissions in public transportation. In general, the GHG emission trend decreased by 24.5% from 2015 to 2017. Consequently, sources of greenhouse gas emissions from the highest to the lowest in sectors are as follows; heating, electricity consumption, electricity production, transportation, waste management.

Keywords: Emission, greenhouse gas, urban sources, mitigation.

¹ Çağla ATMACA (Orcid ID: 0000-0001-8399-0553), Orhan SEVİMOĞLU (Orcid ID: 0000-0003-4861-5154), Gebze Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Kocaeli, Türkiye

*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Orhan SEVİMOĞLU, e-mail: sevimoglu@gtu.edu.tr

Bu çalışma Çağla ATMACA'nın Yüksek Lisans tezinden üretilmiştir.

Geliş tarihi / Received: 03-01-2019

Kabul tarihi / Accepted: 05-05-2020

GİRİŞ

Uzun yıllardır en çok tartışılan küresel çevre sorunlarından birisi olan iklim değişikliği, uzun süreli ve yavaş ilerleyen meteorolojik değişikliklerle iklim koşullarındaki büyük ölçekli ve önemli bölgesel etkileri ile kendini gösterir (Karaca ve ark., 1995; Webb, 2016). Sanayi devriminden günümüze kadar, sera gazı emisyonlarının her geçen gün artmasından dolayı, atmosferde sera gazlarının birikimi de artmaktadır. Bu durum, doğal sera etkisini kuvvetlendirerek, şehir kaynaklı sera gazı emisyonlarının artışı ile dünya yüzey sıcaklığının artmasına neden olmaktadır (Öztürk ve ark., 2011). 19.yy'dan günümüze kadar atmosfer sıcaklığının ortalama 1 °C arttığı görülmüştür (Öztürk, 2002; Aksay ve ark., 2005; Ulukan, 2010; Arnell ve ark., 2019). Sera gazı emisyonlarının azaltımı için gerekli önlemler alınmadığı takdirde, dünya ekosisteminin önemli bir şekilde etkileneceği ve buna bağlı olarak, deniz seviyesinde yükselme, bölgesel sıcaklık artışları, yağış rejimlerinin değişmesi ile çevresel etkilerinin afet boyutuna ulaşabilmesi gibi muhtemel sonuçların yaşanacağı öngörülmektedir (Toros ve Ark., 2017; Shakou ve ark., 2019). İklim değişikliği ile mücadele kapsamında, uluslararası kuruluşlar himayesinde son yirmi yıldır önemli çalışmalar ve toplantılar yapıldı. Birleşmiş Milletlerin organize ettiği İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (İDÇS) kapsamında 1992'de Rio de Janeiro'da, 2000 yılında 3. Taraflar Konferansı (COP3) Japonya'da, 2015 yılında 21. Taraflar Konferansı (COP21) Paris'de, 2016'da 22. Taraflar Konferansı Marakeş'de toplantılar yapılarak, ülkelerin sera gazı emisyonlarını kontrol altına alma ve azaltım uygulamaları ile ilgili taahhütleri uygulamaya koymaları için uluslararası antlaşmalar imzalandı. Bu anlaşmalara taraf olan Türkiye'de, sera gazı emisyonlarının doğru bir şekilde belirlenmesi ve azaltımı için Çevre ve Şehircilik Bakanlığı bünyesinde İklim Değişikliği Uyum Stratejisi ve Eylem Planı yayımlanarak uygulamaya koyuldu. Bu bağlamda şehir yerel yönetimleri bu çerçeve planı kapsamında kendi sera gazı azaltım eylem planları uygulanmaya başlandı (Sevimoğlu, 2015; Nematchoua ve ark., 2019).

Artan nüfusa bağlı olarak gelişen şehirlerde ortama salınan sera gazı emisyonlarının çevre üzerine olumsuz etkileri olmaktadır (Turp, 2019). Bundan dolayı, sera gazı emisyonu çalışmaları çoğunlukla iklim değişikliğine sebep olan sera gazlarının sınıflandırılması ve miktarlarının belirlenmesi, etkilerinin incelenmesi ve azaltılmasına yöneliktir (Abid ve ark., 2016). Sera gazlarının kentsel salınım kaynaklarının sınıflandırılması şu şekildedir; ısınma ve enerji sağlamak amacıyla yakılan fosil yakıtlar, endüstriyel işletmeler, ulaşım vasıtaları, tarımsal faaliyetler ve atık yönetimi işletmeleridir (Güner ve Turan, 2017; Lee ve ark., 2017). Şehirlerde, insan kaynaklı faaliyetler neticesinde atmosfere verilen sera gazı emisyonu olan karbondioksit (CO₂) ve diğer sera gazları, toplam emisyon miktarında önemli orana sahiptir (Sówka ve Bezyk, 2018). Şehirlerde sera gazı emisyon kaynaklarının bir kısmı (enerji üretimi ve tüketimi, ısınma, ulaşım, atık yönetimi) aynı zamanda hava kirliliği emisyonu oluşturan fosil yakıt kullanan kaynaklardır (Burgan ve ark., 2007; Permadi ve ark., 2017; Tsai ve ark., 2018; Işık ve ark., 2019). Bu kaynaklardan salınan sera gazları ortama veriliğinde, atmosferde uğradığı kimyasal reaksiyonlar neticesinde hava kirliliği oluşturan ikincil kimyasal maddelere ve O₃'e dönüşür (Nishanth ve ark., 2014). Bu durumda kaynaklardan ortama verilen bu sera gazları küresel ısınmaya neden olmakla beraber, aynı zamanda atmosferde hava kirleticilerinin oluşumuna neden olan kaynaklar olarak değerlendirilmelidir. Kaynaklardan beraber salınan sera gazları ve hava kirletici bileşikler halk sağlığına ve çevreye doğrudan veya dolaylı olarak olumsuz yönde etkilemektedir (Rogge ve Ark., 2011; Velasco ve Roth, 2012; Gao ve ark., 2018). Bundan dolayı sera gazının azaltımı için yapılan çalışmalar, aynı zamanda hava kirliliğine sebep olan kirletici emisyonların ve atmosferde oluşumunun azalmasına sebep olacaktır (Abbass ve ark., 2018). Bu kapsamda, sera gazı olan

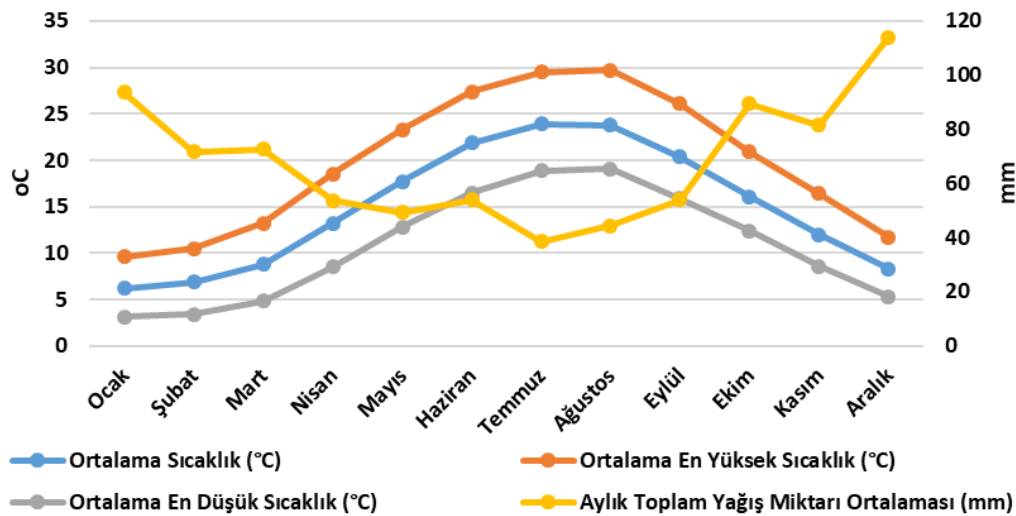
CO₂ ve CH₄, kanserojen ve toksik gaz değildirler. Ancak, özellikle fosil yakıtların (kömür, benzin, dizel, odun, doğal gaz) yakılması sonucu oluşan sera gazları ile beraber oluşan hava kirleticileri tam tersine halk sağlığı ve çevre açısından olumsuz özelliklere sahiptir (Bari ve Kindzierski, 2017). Bu durumda, küresel ısınma ve iklim değişikliğinin kontrolü için sera gazlarının emisyonunun azaltılmasıyla beraber, halk sağlığının korunması için hava kirletici kaynaklardan salınan emisyon miktarları da azaltılmış olacaktır.

Bu çalışma kapsamında, seçilen Kocaeli ili, nüfus yoğunluğu açısından İstanbul ilinden sonra ikinci ildir. Gelişen Türkiye ekonomisinde, imalat sanayi üretimine yaklaşık %13'lük yaptığı katkı ile İstanbul'dan sonra gelen en büyük sanayi kenti konumundadır (Demirarslan ve Demirarslan, 2018). Bu çalışmada, Kocaeli'de şehir kaynaklarından salınan sera gazı emisyonları IPCC'nin Kademe 1 metodu ile CO₂ eşdeğeri şeklinde belirlendi. Kocaeli ilinde sera gazı kaynaklarının ve emisyonlarının değerlendirilmesi akademik olarak ilk defa bu çalışmada sunuldu. Hazırlanan bu sera gazı emisyon envanterinin literatürdeki boşluğu dolduracağı ve yerel yönetimlere ve ilgili kamu kurumlarına yapılacak sera gazı azaltım çalışmalarında yön vereceği öngörülmektedir.

MATERYAL ve YÖNTEM

Çalışma Alanı

Kocaeli ili, Marmara Bölgesi'nin doğusunda, 40°31'-42°42' paralelleriyle 29°22'-31°22' meridyenleri arasında bulunmaktadır. Kocaeli 3 626 km² yüz ölçüne sahip olup 12 ilçeden oluşmaktadır. Toplam nüfusu günümüzde 1 900 000 civarında olup, km²'ye yaklaşık 530 kişi ile Türkiye'nin ikinci yüksek yoğunluklu ilidir. Kocaeli Türkiye'nin önde gelen endüstri şehirlerinden birisidir. İl sınırları içinde önemli büyüklükte sanayi tesisleri bulunmaktadır. Kocaeli'de sera gazı emisyonu değerlendirmesinde önem arz eden sıcaklık ve yağış değerleri Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nün resmi verilerine (1929-2019) göre ortalama en yüksek sıcaklıklar 29.5 °C ile Temmuz ve 29.6 °C Ağustos aylarında; ortalama en düşük sıcaklıklar ise 3.4 °C ile Ocak ve 3.2 °C ile Şubat aylarıdır. Aralık, Ocak, Şubat ayları ortalama en yüksek sıcaklık 10 °C seviyelerinde olduğu görülmektedir. Bu aylarda ısınma için önemli bir enerji ihtiyacı olduğunun göstergesidir. En yağışlı aylar ise Aralık ve Ocak'tır.



Şekil 1. Kocaeli 1929-2018 yılları arası ortalama sıcaklık ve yağış değişimi

Kocaeli, Karadeniz iklimi ile Akdeniz iklimi arasında bir geçiş iklimi özelliği gösterir. Meteorolojik parametreler enerji kullanımı ile direkt ilgili olduğu için sera gazı emisyonlarının miktarını etkilemektedir. Meteorolojik parametreler yıllara bağlı olarak değişiklik gösterse de, önceki yılların verileri ile elde edilen ortalama değerler, bu bölgenin aylara göre sıcaklık ve yağış değişimi hakkında genel bir bilgi vermektedir.

IPCC Kademe Yaklaşımları

Sera gazı emisyon hesaplamaları, faaliyet verileri ve emisyon faktörleri ile birlikte envantere dayalı modelleme çalışmalarıdır. Bu çalışmada, IPCC'nin oluşturduğu metodolojik yaklaşım olan Kademe 1 metodu kullanıldı. Kademe 1 metodu genel olarak daha az veri içeren, kullanımı kolay ve az uzmanlık gerektiren bir yöntemdir. Kademe 1 hesaplamasında, IPCC rehberinde belirlenen emisyon faktörleri ve IPCC tarafından sağlanan diğer parametreler kullanıldı (Anonim, 2006b).

Kademe 1: Ulusal enerji istatistiklerinden yakılan yakıt türüne göre, yakıt miktarı ve emisyon faktörleri kullanılarak emisyon değeri hesaplanır. Hesaplama yöntemi aşağıdaki gibidir.

$$\text{Emisyon Sera Gazı} = \text{Yakıt Tüketimi} \times \text{Emisyon Faktörü} \times \text{Çevrim Faktörü} \quad (1)$$

Emisyon Sera Gazı: Yakıt türüne bağlı Sera Gazı Miktarı (Ton)

Emisyon Faktörü: Yakıt türüne göre belirlenen temsili değer (kg gaz/Tj)

Çevrim Faktörü: Birim çevirme faktörü (İsa, 2016)

Bu çalışmada yaklaşık bir sonuç vermesi planlanan bir hesaplama yöntemi olan Kademe 1 hesaplama modülü kullanıldı. Sera gazı emisyon kaynaklarına ait veriler alt başlıklar halinde derlenerek, ilgili emisyon faktörleri ve çevrim faktörleri ile Eşitlik 1'de ifade edildiği gibi çarpılarak hesaplamalar yapıldı (Atmaca, 2019). Bulunan tüm değerler CO₂-eşd'ine çevrilerek çizelgede sunuldu.

Emisyon faktörleri

Emisyon faktörleri, emisyon envanteri oluşturulmasında sera gazı hesaplamaları için temel araç olarak yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Bir kaynağın emisyon faktörü, atmosfere salınan kirleticilerin miktarlarını belirlemede kullanılan bir araçtır. Bir kaynaktan salınan emisyon miktarı, bu kaynağın faaliyet tipiyle ilişkilidir. Emisyon faktörleri, genellikle, kirleticiyi ortama veren aktivitenin birim ağırlığı, hacmi, mesafesi veya süresi ile çarpılarak yayılan kirleticinin ağırlığı olarak ifade edilir. Emisyon faktörleri ile kaynak miktarlarının çarpılması ile emisyonların tahmin edilmesi, kullanılan en yaygın yöntemdir (Karademir, 2006). Bu çalışmada, sera gazı emisyonlarının hesaplanması sırasında kullanılan emisyon faktörleri IPCC'nin 2006 yılında yayınlanan emisyon faktörü veri bankası (EFDB) dokümanından elde edildi ve Çizelge 1'de sunuldu. (Atmaca, 2019).

Kabuller

Bu çalışmada sera gazı hesaplamasında kullanılacak her bir kaynak için gerekli 2015, 2016 ve 2017 verileri ilgili kurumların onaylı yayınlarından elde edildi. Bu çalışmada hesaplamaların yapılabilmesi için bazı verilerde makul kabuller yapıldı. Bunlar;

- Kocaeli'nde tüketilen motorin miktarı, dizel binek araçların ve trenlerin sarf ettiği toplam miktar olduğundan, bulunan sonuç karayolu ve demiryolu ulaşımından kaynaklı emisyonları kapsamaktadır.
- Ulaşımından kaynaklanan sera gazı emisyonları hesaplanırken Enerji Piyasaları Denetleme Kurulu (EPDK)'dan alınan yakıt verilerinin tamamının Kocaeli il sınırları içerisinde tüketildiği kabul edildi.

- Tüm emisyon faktörleri IPCC’de belirtildiği gibi alınıp, gerekli birim çevirmeler yapıldı.
- Birincil Çevrim Faktörleri 22.07.2014 tarih ve 29068 sayılı Sera Gazlarının İzlenmesi ve Raporlanması Hakkında Tebliğ Ek-5’te belirtilen değerleri kapsamaktadır.
- Taşkömürü için kok kömürü emisyon faktörü kullanıldı.
- Isınma ve enerjide kullanılan doğalgaz yakıtının ısıl değeri 9 394.5 kcal Sm⁻³ kabul edildi.
- Çevrim faktörlerinde 1 kcal = 4.19x10⁻⁹ TJ alındı.
- Havacılık yakıtı olan jet karosen için ısıl değer 10 200 kcal/kg olarak kabul edildi (Yamık ve ark., 2013).
- Katı atık depolamadan kaynaklanan sera gazı emisyonları, biyokütleden üretilen enerji miktarından hesaplandı. Faktör Sayısı: 3.71 kwh Nm⁻³-CH₄.
- HFCs, PFCs, SF₆’ların tüketimi sanayi içerikli olduğu ve veri temini sağlanmadığı için bu çalışmaya dahil edilmedi.

Çizelge 1. Emisyon kaynakları için kullanılan emisyon faktörleri.

Emisyon Kaynağı	Emisyon Faktörleri			Birim	Birincil Çevrim Faktörü	İkincil Çevrim Faktörü	Birim
	CO ₂	CH ₄	N ₂ O				
Elektrik Tüketimi	0.4906	0.00033	0.000015	Kg Kwh ⁻¹			
Elektrik Üretimi	56.04	0.00148	0.00254	T Tj ⁻¹	4.19x10 ⁻⁹	9 394.16	Kcal Sm ⁻³
Taşkömürü	102.87	0.00079	0.00247	T Tj ⁻¹	0.0282		TJ ton ⁻¹
Doğalgaz (Konut)	56.1	0.005	0.0001	T Tj ⁻¹	4.19x10 ⁻⁹	9 394.16	kcal Sm ⁻³
Doğalgaz (Endüstri)	56.1	0.001	0.0001	T Tj ⁻¹	4.19x10 ⁻⁹	9 394.16	kcal Sm ⁻³
Kömür (Konut)	99.5	0.3	0.0015	T Tj ⁻¹	0.0282		TJ ton ⁻¹
Kömür (Endüstri)	98.23	0.0097	0.00145	T Tj ⁻¹	0.0282		Tj ton ⁻¹
Antrasit	98.3	0.01	0.0015	T Tj ⁻¹	0.0267		Tj ton ⁻¹
Petrol koku	97.5	0.003	0.0006	T Tj ⁻¹	0.0325		Tj ton ⁻¹
Fuel Oil	67.86	0.25	0.008	T Tj ⁻¹	0.0404		TJ ton ⁻¹
Benzin	69.3	0.025	0.008	T Tj ⁻¹	0.0443		TJ T ⁻¹
Motorin	73.4	0.0039	0.0039	T Tj ⁻¹	0.043		TJ T ⁻¹
LPG	63.07	0.062	0.0002	T Tj ⁻¹	0.0475		TJ T ⁻¹
CNG	56.01	0.092	0.003	T Tj ⁻¹	4.19x10 ⁻⁹	9394.16	kcal Sm ⁻³
Fuel Oil (Denizyolu)	78.2	0.007	0.002	T Tj ⁻¹	0.0404		Tj T ⁻¹
Jet Karosen (Havayolu)	71.5	0.0005	0.002	T Tj ⁻¹	4.19x10 ⁻⁹	10 200	kcal kg ⁻¹
Atık Yakma	138 734	30	4	kg TJ ⁻¹	0.00001		TJ kg ⁻¹
Biyokütle	0.025	-	-	kg scf ⁻¹	0.028	Scf Nm ⁻³	

BULGULAR VE TARTIŞMA

Kocaeli ilinde sera gazı emisyon kaynakları elektrik enerjisi tüketimi, elektrik enerjisi üretimi (doğalgaz, taşkömürü), ısınma (konutlar için doğalgaz ve kömür; endüstri için doğalgaz, taşkömürü, antrasit, petrol koku, fuel-oil), ulaşım (benzin, motorin, sıvılaştırılmış petrol gazı (LPG), sıkıştırılmış doğal gaz (CNG), fuel-oil, jet karosen), atık yönetimi (yanabilir endüstriyel atık, biyolojik reaksiyon sonucu

oluşan sera gazları, depo gazı) şeklinde sınıflandırıldı. Bu kaynaklarda IPCC Kademe 1 metoduna göre belirtilen yıllarda sera gazı salınım miktarları hesaplandı.

Yıllara Göre Şehir Kaynaklarından Salınan Sera Gazı Emisyon Değerleri

Şehir emisyon kaynaklarında salınan sera gazı emisyon miktarları, kullandığı yakıt türlerine bağlı CO₂ eşdeğer olarak hesaplanır. Eşdeğer sera gazı hesaplamasında, kaynaklardan salınan CO₂, CH₄, N₂O'in emisyon faktörleri kullanılarak her bir kaynak için toplam CO₂ eşdeğer miktarları hesaplandı. Çizelge 2'de Kocaeli ilinde belirlenen başlıca emisyon kaynakları ve kullandıkları yakıt türlerine bağlı olarak 2015, 2016 ve 2017 yıllarına ait sera gazı emisyon değerleri ve bu üç yılın ortalama değeri hesaplandı.

Çizelge 2. Kocaeli ilinde kaynaklarına ve yakıt türlerine göre 2015, 2016 ve 2017 yıllarında sera gazı emisyon değerleri (ton CO₂-eşd)

Emisyon Kaynağı	Yakıt Türü	2015	2016	2017	Ortalama
Elektrik Tüketimi		4 178 310	4 399 200	4 767 289	4 448 266
Elektrik Üretimi	Doğalgaz	3 107 645	2 578 511	2 510 096	2 732 084
Elektrik Üretimi	Taşkömürü	886 736	886 736	886 736	886 736
Konut	Doğalgaz	900 677	925 459	1 157 835	994 657
Endüstri	Doğalgaz	5 291 145	4 840 190	5 093 471	5 074 935
Konut	Kömür	5 516 176	4 365 691	371 719	3 417 862
Endüstri	Taşkömürü	2 473 628	2 169 176	683 586	1 775 463
Endüstri	Antrasit	227 671	253 780	336 944	272 798
Endüstri	Petrol Koku	1 565 655	879 468	817 231	1 087 451
Konut-Endüstri	Fuel Oil	399 525	8 231	8 140	138 632
Kara Ulaşımı	Benzin	180 611	192 449	197 639	190 233
Kara Ulaşımı	Motorin	2 506 639	2 716 950	2 838 236	2 687 275
Kara Ulaşımı	LFG	276 898	285 022	271 575	277 832
Kara Ulaşımı	CNG	909	804	7 599	3 104
Denizyolu Ulaşımı	Fuel Oil	107 902	673 529	827 321	536 251
Havayolu Ulaşımı	Jet Karosen	1 684	2 393	13 598	5 892
Atık Yakma	Endüstriyel Atık	41 952	48 569	55 507	48 676
Atıksu Arıtımı	Biyolojik Reaksiyon	89 072	84 956	82 716	85 581
Biyokütle	Depo Gazı	26 678	30 920	36 283	31 294

Kocaeli'de elektrik tüketiminden önemli miktarda sera gazı emisyonu salınımı oluşmaktadır. Her ne kadar elektrik üretim kaynakları farklı olsa da (özellikle doğal gaz ve kömür), bunun bir sera gazı emisyonu karşılığı bulunmaktadır. EPDK verilerine bağlı kalarak, Kocaeli ilinde tüketilen elektrik miktarı belirlenerek, belirtilen yıllara ait elektrik tüketiminden kaynaklı sera gazı emisyonları hesaplandı. Elektrik tüketiminden kaynaklı sera gazı emisyonunda yıllara göre bir değişim olmadığı ve ortalama 4.45 Mton CO₂-eşd olduğu ve toplam sera gazı emisyonunun %17.7'sine karşılık geldiği belirlendi. Diğer yandan, doğalgaz ve taşkömürü kullanılarak elektrik enerjisi üretimi yapılmakta ve önemli miktarda sera gazı emisyonu katılmaktadır. Elektrik üretiminde doğalgazdan kaynaklanan sera gazı emisyonları 2016 ve 2017 yıllarında, 2015 yılına nazaran daha düşüktür ve üç yılın ortalaması 2.73 Mton CO₂-eşd'dir. Yıllara göre ise, 2015 yılında doğalgaz çevrim santrallerinin atmosfere verdiği sera gazı emisyonu 3 107 645 ton CO₂-eşd iken, bu değer 2016 yılında 2 578 511 ton CO₂-eşd, 2017'de ise 2 510 096 ton CO₂-eşd olarak

hesaplandı. Nihai olarak elektrik üretiminde doğalgaz ve taşkömürü yakılmasından oluşan toplam sera gazı emisyonu bu üç yılın ortalaması 4.04 Mton CO₂-eşd olarak bulundu. Sürdürülebilir elektrik enerjisi üretimi dikkate alındığında, termik santralin tam kapasite enerji üretimi yaptığı kabul edilirse, sera gazı emisyonunda önemli bir değişkenlik olmayacağı varsayılmaktadır.

Diğer önemli emisyon kaynakları olan endüstri tesislerinin ve konutların ısınma maksatlı enerji ihtiyaçlarının karşılanması için kullanılan yakıtlar doğal gaz ve kömürdür. Kocaeli’nde 2015 yılından 2017 yılına kadar doğalgaz kaynaklı emisyonunda %22.2’lik önemli bir artış olması yanında, konutlarda kömür kullanımından kaynaklı sera gazı emisyonunda %93.2’lik önemli bir düşüş olduğu belirlendi. Özellikle konutlarda kömür kullanımında 2017 yılında önemli bir azalma tespit edildi, buna bağlı olarak konutların ısınmasından kaynaklı toplam sera gazı emisyonunda 2015 yılına göre %76.1’lik azalma olduğu belirlendi.

Kömür kullanımındaki azalma, genel emisyon miktarındaki azalım trendini etkilediği tespit edildi. Endüstride taşkömürü yanında, antrasit, petrol koku da kullanılmaktadır. Endüstride taşkömürü ve petrol koku kaynaklı sera gazı emisyonlarında yıllara bağlı olarak azalma varken, antrasitten kaynaklı emisyonunda artış olduğu tespit edildi. Genel olarak bakıldığında ise endüstriden kaynaklanan petrol türevi yakıtlarından oluşan sera gazı emisyonunda 2015 yılına nazaran 2017 yılında %56 seviyesinde azalma olduğu tespit edildi. Diğer önemli bir petrol türü enerji kaynağı kalorifer yakıtında (fuel-oil) ise 2015’den 2017 yılına kadar emisyonunda %98’lik azalma olduğu tespit edildi.

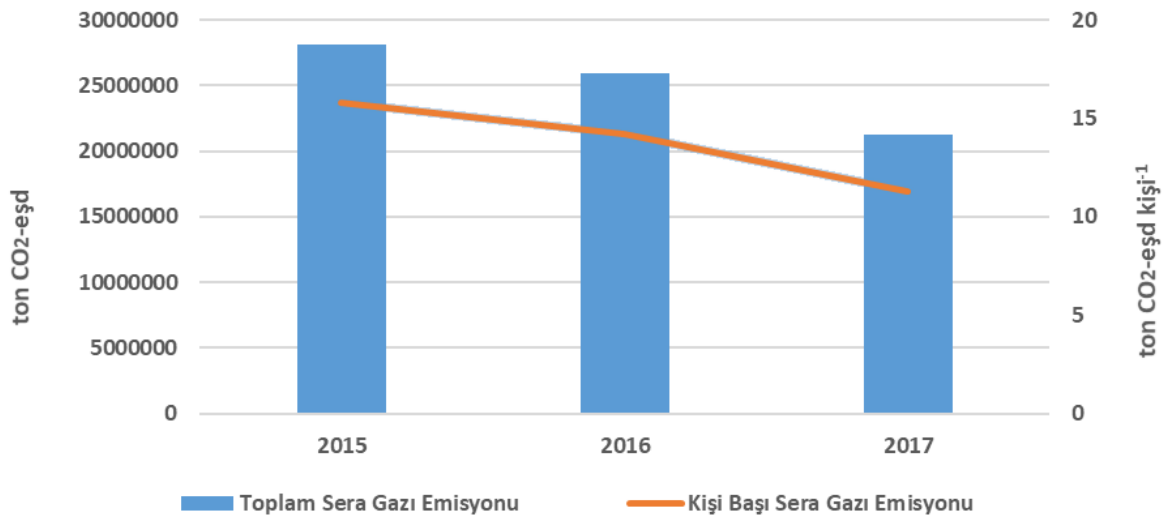
Kocaeli’de karayolu (otobüs, minibüs, dolmuş taksi ve kırsal toplu taşıma araçları), demiryolu (TCDD hattı), denizyolu toplu taşıma hatlarında ulaşım gerçekleştirilmektedir. Kocaeli genelinde 2017 yılında ulaşım kaynaklı sera gazı emisyon değeri 4 155 967 ton CO₂-eşd olup, toplam salınımın %18.6’sını oluşturmaktadır. Karayolu ulaşımında kullanılan yakıt türleri sırasıyla benzin, motorin, LPG ve CNG’dir. Bu kaynaklardan salınan ortalama sera gazı emisyonu 3 158 444 ton CO₂-eşd olarak hesaplandı. Motorin %85’lik sera gazı emisyonu ile en fazla orana sahip yakıt kaynağıdır. Seçilen yıllara bağlı olarak benzin ve motorinden kaynaklı sera gazı emisyonunda bir artış olurken, LPG’den kaynaklı emisyonunda bir artış görülmedi. CNG’den kaynaklı emisyon değerleri 2015 ve 2016 yıllarında sırasıyla 909 ton CO₂-eşd ve 804 ton CO₂-eşd iken, 2017 yılı emisyon değeri diğer yıllara nazaran yaklaşık %90’lık bir artış ile 7 599 ton CO₂-eşd gibi bir değere ulaştı. Kocaeli Büyükşehir Belediyesi toplu ulaşımında CNG yakıt kullanan araçları yaygınlaştırmasından kaynaklandığı değerlendirilmektedir (Anonim, 2016a). Buna göre, motorin ulaşımından kaynaklı en yüksek sera gazı kaynağı olarak belirlendi. Motorin hem karayolu taşıtlarında hem de dizel trenlerde kullanıldığından, emisyon değeri bunların toplamını içermektedir. Karayolu ve demiryolu ulaşımı 2017 toplam emisyonu 3 315 048 ton CO₂-eşd iken, denizyolu ulaşımından kaynaklı sera gazı emisyonu 827 321 ton CO₂-eşd ve havalimanından salınan toplam sera gazı emisyonu ise 13 598 ton CO₂-eşd’dir. İlde 2011 yılından bu yana Cengiz Topel Havalimanı hizmet vermektedir. Denizyolu ulaşımından kaynaklı sera gazı emisyonu 2015 yılına nazaran 2017 yılında 7.6 kat arttığı tespit edildi. Bu çalışmada emisyon hesaplamalarında kullanılan yakıt tüketim verileri EPDK raporlarından alındı. Bu durumda, deniz ulaşımında kullanılan yakıtın bu şekilde artış nedeni deniz faaliyetlerinin artışından dolayı olduğu öngörülmektedir.

Atık yönetimi faaliyetleri altında evsel atıklardan oluşan biyokütle, atık yakma ve atıksu arıtımı ve bertarafından kaynaklanan sera gazı emisyon değerleri yıllara göre hesaplandı. Kocaeli’deki atık yönetimi sonucu oluşan salınımlar, çalışmada belirtilen tüm kaynakların oluşturduğu salınımların yaklaşık % 0.8’ni oluşturmaktadır. Atık yönetiminden kaynaklı sera gazı emisyonları 2017 yılı için, biyokütleden %28, atık yakmadan %44 ve atık su arıtımı ve deşarj işlemlerinden %28 oranlarındadır. Kocaeli Büyükşehir

Belediyesi uhdesinde İzmit ve Dilovası ilçelerinde olmak üzere iki adet düzenli katı atık depolama sahası mevcuttur. Kocaeli genelinde toplanan günde ortalama 1700 ton evsel katı atık, bu depolama sahaslarında depolanarak bertaraf edilmektedir. Katı atık depolanma sahaslarında oluşan CH_4 ve CO_2 içeren depo gazı, gaz motorlarında yakılarak CO_2 dönüştürülmekte ve oluşan enerji ile elektrik üretilmektedir (Sevimoglu ve Sel, 2016; Östürk ve Sevimoğlu, 2018). Bu şekilde depo sahaslarından kaynaklı sera gazı emisyonunun çevresel etkisi azaltılmaktadır. Ayrıca, Kocaeli’nde Türkiye’nin en büyük endüstriyel atık yakma tesisi bulunmaktadır. Bu tesiste atık yakmadan dolayı ortalama 48 676 ton CO_2 -eşd sera gazı emisyonu oluşmaktadır ve toplam emisyon içinde %0.2’lik bir orana sahiptir. Her ne kadar yıllara göre emisyon değerlerinde kısmi bir artış olsa da, kurulu tesisin atık yakma kapasitesi sabit olduğu için sera gazı emisyon değerinde çok artış olması beklenmemektedir. Atık su arıtımı sırasında oluşan sera gazı emisyon değerleri sırasıyla 2015 yılında 38 880 ton CO_2 -eşd, 2016 yılında 37 084 ton CO_2 -eşd ve 2017 yılında 36 106 ton CO_2 -eşd olarak hesaplandı.

Kocaeli İli Yıllık Toplam Sera Gazı Emisyon Değerleri

Emisyon kaynaklarına ait yakıt verileri IPCC’nin CO_2 , CH_4 ve N_2O için ayrı ayrı belirlenen emisyon faktörleri ile çarpılması ve tüm emisyonların CO_2 -eşd’ne çevrilmesi ve bunların toplanması sonucu 2015, 2016 ve 2017 yılları için toplam sera gazı emisyon değerleri hesaplandı. Şekil 2’de, Kocaeli’nin sera gazı emisyonu ton CO_2 -eşd olarak 2015 yılında 28.13 Mton, 2016 yılında 25.99 Mton ve 2017 yılında ise 21.23 Mton olarak hesaplandı.



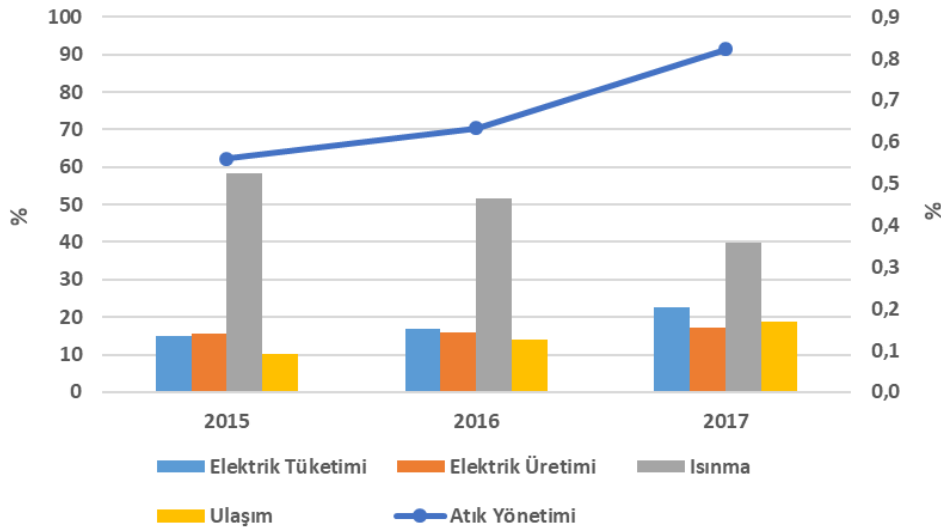
Şekil 2. Kocaeli'nin yıllara göre toplam ve kişi başı sera gazı emisyon değerleri

Sera gazı emisyonunda yıllara göre 2015'ten 2017'ye %24.5 azalış söz konusudur. Yıllara bağlı olarak sera gazı emisyonundaki değişiklikler, emisyon kaynaklarının salım kapasitesi ile doğrudan bağlıdır. Yüksek emisyonlu kaynaklarda yakıt tüketiminin azaltılmasıyla, bu kaynaklardan oluşan emisyon değerlerinde önemli miktarda azalış olduğu tespit edildi. Sera gazı emisyon hesaplama çalışmaları, kaynak bazlı olduğu gibi, toplam emisyon miktarı hesaplanması şeklinde olmaktadır. Kişi başı sera gazı emisyon miktarı da hesaplanması gereken parametrelerden birisidir. Türkiye’de kişi başı sera gazı emisyon değerleri 2015, 2016 ve 2017 yılları için 5.97, 6.22 ve 6.6 ton CO_2 -eşd olarak belirlendi (Anonim, 2018a). Buna karşılık İstanbul ilinde kişi başı yıllık sera gazı emisyon değerleri ise ulusal değerlerden düşük olarak 2010 ve 2015 yılları için 3.07 ton CO_2 -eşd ve 3.23 ton CO_2 -eşd olarak bulundu (Anonim, 2018b). Bu çalışmada

kişi başı sera gazı emisyon değeri İstanbul ve Türkiye ortalama değerlerinden yüksek olup, 2015, 2016 ve 2017 yılları için 15.80, 14.19 ve 11.27 ton CO₂-eşd kişi-yıl⁻¹ olarak bulundu. Bu değerlere göre endüstri ağırlıklı bir şehir olan Kocaeli ilinde kişi başı sera gazı emisyon değerleri İstanbul ve Türkiye değerlerine göre yüksek olduğu belirlendi. Kişi başı emisyon değerinin düşürülmesi için önemli bir orana sahip olan enerji sektöründen kaynaklı sera gazı emisyonunun azaltılması için gerekli iyileştirme çalışmaları yapılmalıdır.

Sektörlere Göre Sera Gazı Emisyon Dağılımı

Elektrik üretimi, elektrik tüketimi, ısınma, ulaşım ve atık yönetimi sektörlerinden salınan sera gazı emisyonlarının yüzde oranları yıllara göre oranları Şekil 3'te verildi. Buna göre, 2015 yılı için sera gazı emisyonunun % 14.9'u elektrik tüketiminden, %15.5'i elektrik üretiminden, %58.2'si ısınmadan, %10.3'ü ulaşımdan, %0.6'sı atık yönetiminden kaynakladığı görülmektedir. 2016 yılındaki toplam sera gazı emisyonu içinde elektrik üretiminden ve atık yönetiminden kaynaklı sera gazı emisyonları bir önceki yıla göre sabit kalırken, elektrik tüketiminden ve ulaşımdan kaynaklı sera gazı emisyonları bir önceki yıla göre oransal artış trendi göstermektedir.



Şekil 3. Yıllara göre farklı kaynaklardan salınan sera gazı emisyon dağılımı

Burada ısınmadan kaynaklı sera gazı emisyonu bir önceki yıla göre düşüş trendi göstererek %51.7'lik bir orana sahip olduğu görülmektedir. 2017 yılı sektörler göre sera gazı emisyonlarının dağılımında ısınma hariç diğer kaynaklarda yüzde oranlarında artış olduğu görülmektedir. Isınmadan kaynaklı sera gazı emisyonu %39.9 olarak belirlendi. 2017 yılı için, önceki iki yıla nazaran ısınma ve enerji sektörlerinden sera gazı emisyonu salınımı azalırken, ulaşımdan kaynaklı emisyon oranının toplam emisyon değeri içinde arttığı belirlendi. Şehirde toplumun en önemli gereksinimlerinden birisi olan ısınma ve enerji ihtiyacı, aynı zamanda sera gazı emisyonu sonuçlarında da görüldüğü gibi en çok sera gazı emisyonu olan kaynakları oluşturmaktadır. Bundan dolayı, ısınmadan kaynaklı sera gazı emisyonu azaltım stratejisi çalışmalarında dikkate alınmalıdır. Katı atıktan kaynaklı sera gazı emisyonunun aslında şehir kaynaklarında en düşük katılıma sahip olduğu belirlendi. Ancak, uluslararası piyasada özellikle depo sahalarından kaynaklı sera gazı emisyonunun önlenmesi çalışmaları kapsamında, sera gazı emisyonunu oluşturan metanın enerjiye dönüştürülerek maddi gelir elde edilmesi ve bununla beraber CO₂'ten 21 kat daha etkili olan CH₄'nın yakılarak CO₂'te dönüştürülmesinin önemli bir yeri bulunmaktadır (Sevimoğlu, 2017).

SONUÇ

Bu çalışma, Türkiye'nin nüfus yoğunluğu bakımından ikinci ili olan Kocaeli'nin 2015, 2016 ve 2017 yıllarına ait başlıca şehir kaynaklarından salınan sera gazı emisyon değerleri hesaplandı. Bu çalışmada birbirine göre en fazladan en aza sera gazı emisyonu veren kaynaklar (ısınma, elektrik tüketimi, elektrik üretimi, ulaşım, atık yönetimi) kendi içinde değerlendirildi. Sera gazı emisyon hesaplamalarına göre Kocaeli'nin 2015 yılından 2017'ye kadar %24.5'lik sera gazı emisyonunda azalım olduğu belirlendi. Her yıl için değerlendirildiğinde endüstride yakıt ve enerji amaçlı kullanılan doğalgazın en yüksek pay ile sera gazı emisyonu salınımı yaptığı belirlendi. 2015 yılında ikinci sırayı 5.5 milyon ton CO₂-eşd ile evsel ısınma amaçlı kullanılan kömür alırken, 2017 yılında kömür kullanımının düşüşü ile 372 319 ton CO₂-eşd değerine geriledi. 2015 yılından itibaren özellikle konutlarda kömür kullanımının azaltılması, toplam sera gazı emisyonunda düşüşün sebebi olarak değerlendirilmektedir. Konutlarda kömür kullanımının azalmasına karşın, doğalgaz kullanımında artış olduğu ve doğalgaz kaynaklı sera gazı emisyonunun önceki yıllara göre kısmi olarak arttığı tespit edildi. Doğalgaz ve kömür kaynaklarından sonra motorin de ulaşımdan kaynaklı önemli bir sera gazı emisyon kaynağıdır. Buna karşılık, araç yakıtı kullanımında motorin ve benzinin kütle oranları 2017 yılı verileri için sırasıyla %93.3 ve %6.7 iken, sera gazı emisyonu oranları da birbirine çok yakın olarak sırasıyla %93.5 ve %6.5 belirlendi. Bu durumda, motorin dikkate alınabilir seviyede ulaşımdan kaynaklı sera gazı emisyon kaynağı olarak görülmektedir. Motorin kara araçlarında, demiryolu ulaşımında ve deniz taşımacılığında kullanılmaktadır. Bu alanlarda ancak kara araçlarında motorin kullanan araçlar yerine benzin kullanan araçların yaygınlaştırılması potansiyel sera gazı emisyonunun azalmasında katkı sağlayacağı öngörülmektedir. Bunun yanında, ulaşımda çevre dostu yakıt kullanan araçların kullanıldığı toplu taşımaya öncelik verilmesi, bireysel araç kullanımının azaltılması, emisyon değerlerinin düşürülmesinde önemli katkısı olacaktır.

Genel olarak, Kocaeli ilinde konutlarda ve endüstride enerji ihtiyacının sağlanmasında fosil yakıt kullanımının azaltılmasının yanında, yenilenebilir enerji kaynaklarına geçilmesinin genel sera gazı emisyonunun azaltılmasında önemli katkısının olacağı söylenebilir. En büyük sera gazı emisyonu, enerji ihtiyacının sağlanmasından ve kullanımından oluşmaktadır. Bu durumda enerji verimliliğinin tüm yaşam alanlarında uygulanması sera gazı emisyonunun azaltılması açısından önerilen stratejik yöntemlerden birisidir. Şehirde ortama salınan CO₂ gibi sera gazının atmosfere olan yükünü azaltmak için yutak alan olan yeşil alanların artırılması sera gazı emisyonu azaltımı için atılması gereken adımlardandır.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma hiçbir kuruma sorumluluk yüklememektedir. Bu çalışmada Kocaeli Büyükşehir Belediyesi'nin çeşitli birimlerinde çalışan ve bizlere veri sağlamada yardımcı olan yetkililere teşekkür ederiz. Bu çalışma Gebze Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Anabilim dalı yapılan yüksek lisans çalışması kapsamında yapıldı.

KAYNAKLAR

- Abbass RA, Kumar P, El-Gendy, A, 2018. An overview of monitoring and reduction strategies for health and climate change related emissions in the Middle East and North Africa region. *Atmospheric Environment*, 175: 33-43.
- Abid M, Schilling J, Scheffran J, Zulfiqar F, 2016. Climate change vulnerability, adaptation and risk perceptions at farm level in Punjab, Pakistan. *Science of The Total Environment*, 547(15): 447-460.

- Aksay C, Ketenoğlu O, Kurt L, 2005. Küresel Isınma ve İklim Değişikliği. Selçuk Üniversitesi Fen Fakültesi Fen Dergisi, 1(25): 29-42.
- Anonim, 2006b. Intergovernmental Panel on Climate Change, Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Estimation Methods. General Guidance and Report. https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/0_Overview/V0_1_Overview.pdf. (Erişim Tarihi: 17.09.2019)
- Anonim, 2016a. Kocaeli Büyükşehir Belediyesi 2016 faaliyet raporu. https://www.kocaeli.bel.tr/webfiles/userfiles/files/faaliyet-raporlari/2016_YI_Faaliyet_Raporu.pdf (Erişim Tarihi:17.09.2019).
- Anonim, 2017, Kocaeli İl Çevre Durum Raporu, T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı. https://webdosya.csb.gov.tr/db/ced/icerikler/kocaeli-2017_cdr_son-20180702092504.pdf, (Erişim Tarihi:17.09.2019)
- Anonim, 2018a. Türkiye'nin Yedinci Ulusal Bildirimi, Türkiye Cumhuriyeti Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü, İklim Değişikliği Dairesi Başkanlığı, <https://www.tr.undp.org/content/dam/turkey/UNDP-TR-7NC-TUR-2019.pdf> (Erişim Tarihi: 02.01.2019)
- Anonim, 2018b. İstanbul İklim Değişikliği Eylem Planı Final Raporu 2018. <https://www.iklim.istanbul/wp-content/uploads/FinalRaporu.pdf>. (Erişim Tarihi: 02.01.2019)
- Arnell NW, Lowe JA, Challinor AJ, Osborn TJ, 2019. Global and regional impacts of climate change at different levels of global temperature increase. *Climatic Change*, 155(3): 377-391.
- Atmaca Ç, 2019. Kocaeli İlinde Sera Gazı Ve Hava Kirlenici Emisyonlarının Hesaplanması Ve Birlikte Değerlendirilmesi, Gebze Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi (Basılı).
- Bari MA, Kindziarski WB, 2017. Concentrations, sources and human health risk of inhalation exposure to air toxics in Edmonton, Canada. *Chemosphere*, 173: 160-171.
- Burgan M, Dorling S, Warren R, 2007. Opportunities for Air Pollutant and Greenhouse Gas Emission Reduction through Local Transport Planning. *Local Economy*, 22(1): 40-61.
- Demirarslan K, Demirarslan D, 2018. Sanayileşme, Kentleşme ve Çevre İlişkisi: Kocaeli İli Örneği. *Sürdürülebilir Mühendislik Uygulamaları ve Teknolojik Gelişmeler Dergisi*, 1(1): 29-43.
- Gao J, Kovats S, Vardoulakis S, Wilkinson P, Woodward A, Li J, Gu S, Liu X, Wu H, Wang J, Song X, Zhai Y, Zhao J, Liu Q, 2018. Public health co-benefits of greenhouse gas emissions reduction: A systematic review. *Science of The Total Environment*, 627(15): 388-402.
- Güner ED, Turan ES, 2017. Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Küresel İklim Değişikliği Üzerine Etkisi. *Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*, 3(1): 48 - 55.
- Işık E, İnallı M, Celik E, 2019. ANN and ANFIS Approaches to Calculate the Heating and Cooling Degree Day Values: The Case of Provinces in Turkey. *Arabian Journal for Science and Engineering*, 44: 7581–7597.
- İsa K, 2016. AB florlu gazlar yönetmeliği, *Teknik Kitaplar Dizisi*, 3.
- Karaca M, Tayanç M, Toros H, 1995. Effects of urbanization on climate of İstanbul and Ankara. *Atmospheric Environment*, 29(23): 3411-3421.
- Karademir A, 2006. Evaluation of the potential air pollution from fuel combustion in industrial boilers in Kocaeli, Turkey. *Fuel*, 80(12-13): 1894-1903.
- Lee CT, Hashim H, Ho CS, Fan YV, Klemeš J, 2017. Emission sources of greenhouse gases fossil fuels heating and energy industrial transportation vehicles agricultural activities and waste management. *Journal of Cleaner Production*, 146(10): 1-13.
- Nematchoua MK, Orosa JA, Reiter S, 2019. Climate change: Variabilities, vulnerabilities and adaptation analysis - A case of seven cities located in seven countries of Central Africa. *Urban Climate*, 29: 100486.
- Nishanth T, Praseed KM, Satheesh Kumar MK, Valsaraj KT, 2014. Influence of ozone precursors and PM₁₀ on the variation of surface O₃ over Kannur, India. *Atmospheric Research*, 138(1): 112-124.

- Östürk Ö, Sevimoğlu O, Çöp Gazından Enerji Üretiminin Ekonomik Faydaları ve Sera Gazı Emisyonunun Azaltılması Üzerine Katkısının Değerlendirilmesi, International Congress of Energy, Economy and Security, 21-22 Nisan 2018, İstanbul, Turkey.
- Öztürk K, 2002, Küresel iklim değişikliği ve Türkiye'ye olası etkileri. G.Ü Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi, 22(1): 47-65.
- Öztürk T, Türkeş M, Kurnaz M, 2011. Regem4.3.5 İklim Modeli Benzetimleri Kullanılarak Türkiye'nin Gelecek Hava Sıcaklığı ve Yağış Klimatolojilerdeki Değişikliklerin Çözümlemesi. Ege Coğrafya Dergisi, 20(1): 17-27.
- Permadi DA, Sofyan A, Oanh NTK, 2017. Assessment of emissions of greenhouse gases and air pollutants in Indonesia and impacts of national policy for elimination of kerosene use in cooking. Atmospheric Environment, 154: 82-94.
- Rogge WF, Ondov JM, Bernardo-Bricker A, Sevimoğlu O, 2011. Baltimore PM2.5 Supersite: highly time-resolved organic compounds-sampling duration and phase distribution-implications for health effects studies. Analytical And Bioanalytical Chemistry, 401(10): 3069-3082.
- Sevimoğlu O, 2015. Greenhouse Gas Mitigation Works and Measures Taken Against Climate Change: Case of Istanbul. VII. Atmosphere Science Symposium, 28-30 April 2015, İstanbul.
- Sevimoğlu O, Sel İ, 2016. Critical Limitations for Successful Landfill Gas to Energy Projects. EurAsia Waste Management Symposium, 2-4 May 2016, İstanbul, Turkey.
- Sevimoğlu O, The importance of utilization of landfill gas as a greenhouse gas source in energy conversion and limitations in energy production. 4th International Symposium On Energy Efficiency And Energy Related Materials, 22-26 April, 2017, Fethiye, Muğla,.
- Shakou LM, Wybo JL, Reniers G, Boustras G, 2019. Developing an innovative framework for enhancing the resilience of critical infrastructure to climate change. Safety Science, 118: 364-378.
- Sówka I, Bezyk Y, 2018. Greenhouse gas emission accounting at urban level: A case study of the city of Wrocław (Poland). Atmospheric Pollution Research, 9(2): 289-298.
- Toros H, Abbasnia M, Sagdic M, Tayanç M, 2017. Long-Term Variations of Temperature and Precipitation in the Megacity of Istanbul for the Development of Adaptation Strategies to Climate Change, Advances in Meteorology, 2017: 6519856,
- Tsai Y-T, Liang C-J, Huang K-H, Hung K-H, Jheng C-W, Liang J-J, 2018. Self-management of greenhouse gas and air pollutant emissions in Taichung Port, Taiwan. Transportation Research Part D: Transport and Environment, 63: 576-587.
- Turp SM, 2019. Bitlis Hava Kirliliği Emisyon Envanteri ve Sağlık Etkilerinin Çoklu Lineer Regresyonla Tahmini. Doğal Afetler ve Çevre Dergisi, 5(1): 1-10.
- Ulukan H, 2010. Global Climate Change, Greenhouse Gases (GHGs) and Cultivated Plants. Ankara Üniversitesi Çevre Bilimleri Dergisi, 2(1): 71-79.
- Velasco E, Roth M, 2012. Review of Singapore's air quality and greenhouse gas emissions: Current situation and opportunities. Journal of the Air & Waste Management Association, 62(6): 625-641.
- Webb B, 2017. The use of urban climatology in local climate change strategies: a comparative perspective. International Planning Studies, 22(2): 68-84.
- Yamık H, Calam A, Solmaz H, İcingür Y, 2013. Havacılık yakıtı JP-8 ve dizel karışımların tek silindirli bir dizel motorunda performans ve egzoz emisyonlarına etkisi. Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 28(4): 787-793.