


Meriç-Ergene Havzası Hava Kalitesinin Ortalamalar, Maksimumlar ve Limit Değerler Açısından İncelenmesi

Investigation of Meriç-Ergene Basin Air Quality in Terms of Averages, Maximums, and Limit Values

Nuriye GARİPAĞAOĞLU 
Marmara Üniversitesi, İnsan ve Toplum
Bilimleri Fakültesi, Coğrafya Bölümü,
İstanbul, Türkiye



Bu makaleye ait ilk bulgular 3. İstanbul Uluslararası Coğrafya Kongresi'nde (21-24 Haziran 2023) bildiri olarak sunulmuş ve özet olarak yayımlanmıştır.

The first findings of this article were presented as a paper at the 3rd Istanbul International Geography Congress (21-24 June 2023) and published as an abstract.

Geliş Tarihi/Received 30.05.2024
Kabul Tarihi/Accepted 17.12.2024
Yayın Tarihi/Publication 30.12.2024
Date

Sorumlu Yazar/Corresponding author:
Nuriye GARİPAĞAOĞLU

E-mail: nuriyeg@marmara.edu.tr

Cite this article as:

Garipağaoğlu, N. (2024). Investigation of Meriç-Ergene Basin air quality in terms of averages, maximums, and limit values. *Eastern Geographical Review*, 29(52), 1-18.



Content of this journal is licensed under a Creative Commons Attribution-Noncommercial 4.0 International License.

ÖZ

Havzalar diğer çevre sorunları ile birlikte hava kirliliğinin de görüldüğü mekânsal ünitelerdir. Çalışma alanı olarak seçilen Meriç-Ergene Havzası, ekonomik cazibe merkezi olması nedeniyle Marmara Bölgesi sanayi kuşağının bir bölümünü kapsamaktadır. Bu durum ise, nüfus ve ulaşım yoğunluğunu artırmış, beşerî baskılar atmosfer kirlilik seviyelerine önemli katkı yapmıştır. Havzada görülen hava kirliliğinin temel kaynakları arasında genel olarak evsel ısınma amaçlı tüketilen yakıtlar, sanayi faaliyetleri ve motorlu kara taşıtları bulunmaktadır. Bu çalışmanın amacı, tarımsal niteliği yüksek olmasının yanı sıra başta tarıma bağlı sanayi ve diğer sanayi faaliyetlerinin yoğun olarak yapıldığı Meriç-Ergene Havzası'nda hava kalitesi seviyesinin çeşitli kirleticiler temelinde istatistiksel açıdan araştırılmasıdır. Havzada evsel ısınma kaynaklı hava kirleticileri ile birlikte, kentsel ve endüstriyel faaliyetlere bağlı emisyonlar kirlilik seviyesini yükseltmekte olup, olumsuz topografik ve meteorolojik koşullar da desteklemektedir. Havzada hava kirliliği, başta insan sağlığı olmak üzere, diğer canlılarla birlikte bütünüyle ekosisteme zarar verici boyutlara ulaşmıştır. Havzada ölçümü düzenli biçimde yapılan partiküler madde (PM₁₀) ve kükürt dioksit (SO₂) konsantrasyonları 1990 yılından itibaren 10 yıllık dönemler halinde, 2020 yılına kadar incelenmiş, bunlara 2022 yılında PM_{2,5}, NO₂, NO, NO_x, O₃ dâhil edilmiştir. Edirne, Karaağaç, Keşan, Kırklareli, Vize, Lüleburgaz, Tekirdağ, Çerkezköy ve Çorlu istasyonlarının verileri kullanılmıştır. 2022 yılında, özellikle partiküler madde ve azot oksit konsantrasyonları, genellikle sınır değerleri aşmıştır. Bu çalışmadan havzanın hava kalitesinin zamansal değişimi belirlenerek yönetimine katkı sağlaması beklenmektedir.

Anhtar Kelimeler: Meriç-Ergene Havzası, hava kirliliği, sınır değerler

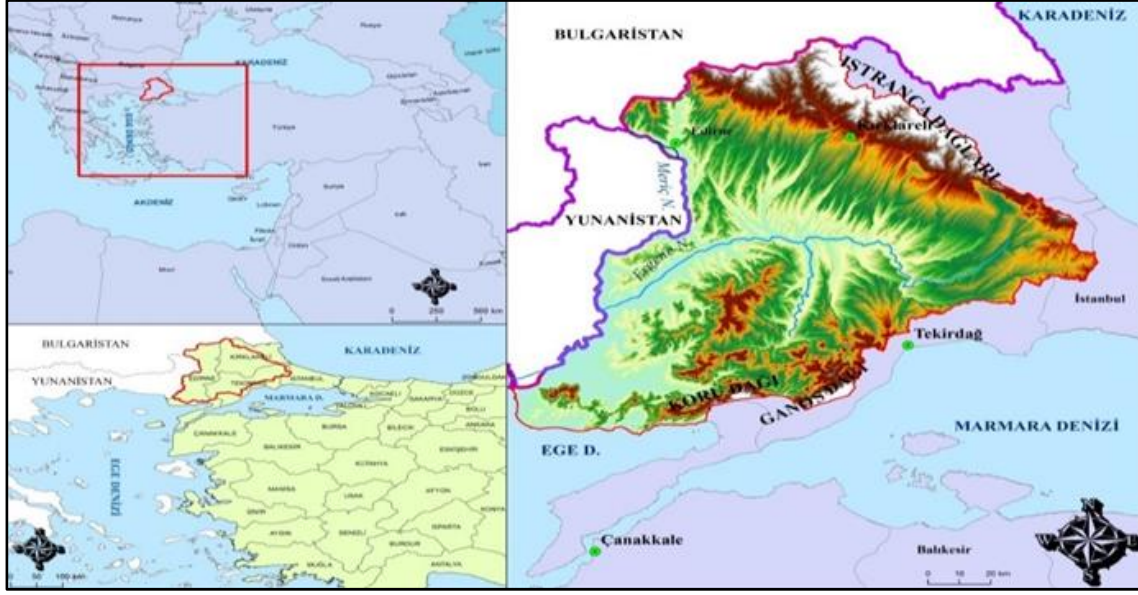
ABSTRACT

Watersheds are spatial units where air pollution, along with other environmental issues, is observed. The Meriç-Ergene Basin, selected as the study area, encompasses a part of the industrial belt of the Marmara Region due to its status as an economic attraction center. This situation has led to an increase in population and transportation density, with anthropogenic pressures significantly contributing to the levels of atmospheric pollution in the region. The main sources of air pollution in the watershed generally include fuels used for domestic heating, industrial activities, and motor vehicles. The aim of this study is to statistically investigate the air quality levels in the Meriç-Ergene Basin, which, in addition to its high agricultural characteristics, is an area where agriculture-based industries and other industrial activities are heavily concentrated, based on various pollutants. In the watershed, along with air pollutants from domestic heating sources, emissions from urban and industrial activities increase pollution levels, further exacerbated by unfavorable topographical and meteorological conditions. Air pollution in the watershed has reached levels that are detrimental to the entire ecosystem, impacting human health and other living organisms. The concentrations of particulate matter (PM₁₀) and sulfur dioxide (SO₂), which have been regularly monitored in the watershed, were analyzed in 10-year intervals from 1990 to 2020. In 2022, measurements of PM_{2,5}, NO₂, NO, NO_x, and O₃ were also included. Data from monitoring stations in Edirne, Karaağaç, Keşan, Kırklareli, Vize, Lüleburgaz, Tekirdağ, Çerkezköy, and Çorlu were utilized. In 2022, especially the concentrations of particulate matter and nitrogen oxides consistently exceeded the established limit values. This study is anticipated to support the management of air quality in the region by identifying the temporal variations of pollution levels.

Keywords: Meriç-Ergene Basin, air pollution, limit values

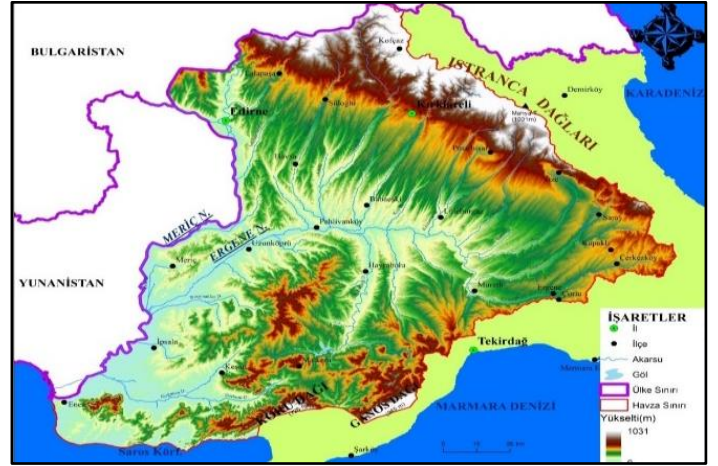
Giriş

Meriç-Ergene Havzası'nın sınırları, genel itibariyle hidrografik unsurlar tarafından belirlenmektedir (Garipağaoğlu, 2012). Havza kuzeyde Istranca Dağları ve batı uzantısı boyunca, su bölümü çizgisiyle, doğuda Çatalca Platosuyla sınırlanır. Güneyde, Çorlu İlçesi topraklarının bir bölümünü içine aldıktan sonra, Tekirdağ ve Gelibolu Yarımadası'nın kuzeyini boylayarak, Marmara Havzası'ndan ayrılır. Batı tarafta ise, Yunanistan ve Bulgaristan'la olan ulusal sınırları izler (Şekil 1). Havza alanı 14.510 km² civarında olup, Türkiye'nin %1,8'ini oluşturmaktadır (<https://www.tarimorman.gov.tr/>).



Şekil 1.
Meriç-Ergene Havzası Lokasyon Haritası.

Ergene Havzası, Türkiye'nin, sübsidans havzalarından birisi olup, kuzeyde metamorfik Yıldız (Istranca) Dağları, güneyde Kuru ve Işıklar (Ganos) Dağları arasında yer almaktadır. Ergene Havzası, merkezi kısımda önemli bir relief özelliği göstermez. Aynı durum, batı ve güneybatı kısmı için de geçerlidir. Dağlık alanlara yaklaştıkça yarıma artar ve ova yerini platolara bırakır. Lalapaşa-Kırklareli-Saray ve Tekirdağ-Malkara-Keşan arasında durum böyledir (Şekil 2). Havzanın kuzeyinde, Istranca Dağları'ndan Ergene eksenine doğru inen bir şev görüntüsü mevcuttur. NNE-SSW doğrultulu Ergene eksenine dik biçimde yönelen çok sayıda konsekant vadi bulunmaktadır (Darkot & Tuncel, 1981). Şevin eğimiyle uyumlu olan bu vadiler, yöreye dalgalı bir görünüş kazandırır. Havzanın doğusunda Çorlu ile güneybatıda Enez arasındaki kesim ise tipik bir oluk özelliğindedir. Çorlu ve Ergene vadileri Muratlı'nın biraz aşağısında birleşirler. Kuzey ve güneydeki yüksek alanlar arasında batıya doğru devam eden Ergene oluğunun genişleme alanında Ergene Ovası yer almaktadır. Oluğun batıda İpsala önlerinde Meriç ile birleşme alanında başka bir ova oluşmuştur. Oluğun güneybatısındaki Enez Yöresi ise Hisarlı Dağ volkanik kütlesi (423 m) haricinde, genellikle plato özelliğindedir. Sahanın doğusunda, 200-300 m arasında yükseltilerdeki tepeler akarsularla derince parçalanmıştır. Batıya doğru ise yükselti düşerek (50-100 m) alçak bir plato görüntüsü kazanır. Havzanın güneyinde topoğrafya Hayrabolu, Keşan arasında, Ergene Oluğu'na, Aşağı Meriç Vadisi'ne ve Saros Körfezi'ne doğru kademeli olarak alçalmaktadır. Havzanın güneydoğusunda arazi engebelenerek Ganos-Korudağı kütlesine ulaşır (Darkot & Tuncel, 1981). Havzanın topoğrafik özelliklerinin hava kalitesi üzerine yansımaları dikkate alındığında, morfolojik ünitelerden plato yüzeyleri ve dağlık alanlar olumsuz tesir yaratmazlar, ancak vadi tabanları ve Ergene oluğunun taban kısımları, soğuk dönemde kirli havanın yığılmasına uygun koşullar taşıdıklarından, olumsuz tesirde bulunurlar.



Şekil 2.
Meriç-Ergene Havzası Yükselti Haritası (Garipağaoğlu, 2018).

Meriç-Ergene Havzası'nda, genel olarak karasal iklim koşulları egemen olmakla birlikte, güneybatıda, Enez oluğu aracılığıyla, Akdeniz etkilerine de açıktır. Sıcaklığın dağılışı havzanın bölümleri arasında farklılıklar gösterir. Yıllık ortalama sıcaklıklar, havzanın ortasında Lüleburgaz'da 12,8°C, doğuda Çorlu'da 13,0°C, kuzeyde Edirne'de 13,7°C ve Kırklareli'nde 13,2°C, güneyde Tekirdağ'da 14,0°C civarındadır. Havzada karasal koşullara bağlı olarak kış döneminde epeyce düşerek, Ocak ayında 2-5 °C arasında seyrederek. Edirne'de 2,8°C, Kırklareli'nde 3,3°C, Lüleburgaz'da 2,9°C, Çorlu'da 3,0°C, Tekirdağ'da 5,0°C, Istrancalar'ın 1000 metrelik seviyelerinde ise 0°C ile -2°C arasında değişir. Havzada sıcaklıklar kış aylarında Edirne, Lüleburgaz ve Çorlu'da eksili değerlere inmektedir (DMİGM, 1985; Garipağaoğlu, 2018). Havzada sıcaklık ortalamalarının genellikle 18°C'nin altına düşmesiyle ısınma ihtiyacına bağlı olarak evsel yanma dönemi başlamaktadır. Bu dönem genellikle Ekim ayında başlar, Nisan

ayını da içine alacak şekilde 7 ay süreyle devam eder. Isınma döneminde kullanılan yakıt miktarına ve kalitesine bağlı olarak hava kirliliği artmaktadır. Ergene Havzası'nda yağışın dağılışı ise, merkezden çevreye doğru yükseltiye bağlı bir biçimde artış göstermektedir. Örneğin Istranca, Ganos ve Kuru Dağları'nın 500 metre seviyelerinde yıllık yağış miktarı 800 mm'yi, Istrancalar'da, daha yüksek seviyelerde 1000 mm'yi aşmaktadır. Istrancalar'dan Ergene Ovası'na doğru yağış miktarlarında düşüş görülmekle birlikte, Ergene Ovası ve çevresinde yıllık yağış miktarları 550 mm'nin altına inmez. Örneğin, Edirne 586 mm, Kırklareli 556 mm, Lüleburgaz 585 mm, Çorlu 570 mm, Tekirdağ 590 mm yağış almaktadır (DMİGM, 1985; Garipağaoğlu, 2018). Havzanın her kesiminde, yaz mevsimi en az, kış mevsimi en fazla yağış almakta olup, genel olarak Akdeniz yağış rejimi etkilidir. Ancak, yaz ve kışa isabet eden yağış oranları, havzanın her yerinde aynı değildir. Ergene Havzası'nda yaz ve kış mevsimlerinde hemen bütün istasyonlarda kuzey sektöründen esen rüzgârlar egemendir. Rüzgâr hızı kış aylarında en yüksek değere ulaşmaktadır. Havzada yağışlı dönemin, kış mevsimi ve etrafındaki aylara denk gelmesi, hava kalitesi açısından bir avantaj sayılmaktadır. Çünkü yağışlarla yıkanarak hava kirleticiler atmosferden uzaklaştırılırlar. Ancak asit yağışlara dönüşerek yer yüzüne indiklerinde bitkilere zarar verirler.

Meriç-Ergene Havzası'nda sanayinin gelişmesiyle ilişkili hızlı bir nüfus artışı görülmekte olup, bu durum kentsel nüfusun da kısa sürede artmasına sebep olmuştur. Bu çalışmada seçilen ölçüm istasyonları arasından şehir özelliği taşıyanlarda hızlı nüfus artışı çok belirgin biçimde görülmektedir. Çorlu, Çerkezköy, Tekirdağ, Keşan, Edirne, Lüleburgaz ve Kırklareli tipik örnektir. 2000 yılı itibarıyla Çorlu 141.525, Çerkezköy 41.638, Tekirdağ 107.191, Edirne 119.298, Kırklareli 53.221, Lüleburgaz 79.002, Keşan 42.755, Vize 10.628 nüfusa sahip gözükürken, 2023 yılında nüfus miktarı, Çorlu'da 294.020, Çerkezköy'de 213.243, Tekirdağ'da 219.230, Edirne'de 194.991, Kırklareli'nde 112.323, Lüleburgaz'da 126.090, Keşan'da 65.267, Vize'de 15.291 kişiye ulaşmıştır (<https://data.tuik.gov.tr>). Havzada hızlı nüfus artışına, çarpık kentleşmeye ve sanayileşmeye bağlı olarak çok çeşitli çevre sorunu yaşanmaktadır. Hızlı ve çarpık kentleşme bir taraftan ısınma amacıyla tüketilen yakıt miktarını artırmış, diğer taraftan kalitesiz yakıt kullanımına sebep olmuştur. Ayrıca çarpık yapılaşma, hava sirkülasyonunu olumsuz etkilemiştir. Böylece atmosfere daha yüksek miktarlarda kirlenici gönderilmiş ve kirlenici konsantrasyonları yükselerek hava kirliliği meydana gelmiştir. Diğer yandan Ergene Havzası sanayinin kısa sürede yerleşip geliştiği bir bölgedir. Havzada sanayi tesisi sayısı 1995-2015 yılları arasında, 20 yıllık süre içerisinde hızlı bir artış göstermiştir. Sanayi tesislerinin önemli bir kısmı, havzanın yukarı çığırında yoğunlaşmaktadır. Çerkezköy, Çorlu, Muratlı ve Lüleburgaz çevresi, sanayinin yoğunlaştığı alanlardır. Havzada bulunan 3.409 adet sanayi tesisinin sektörel dağılımında, tekstil-deri sektörü ilk sırayı almaktadır (%28). Daha sonra sırasıyla gıda-tekstil ürünleri (%19), plastik, kimya, boya cam (%13), metal ve makine (%10), kağıt ve ambalaj (%2), diğerleri (%15) şeklinde bir sıralanma mevcuttur (<https://www.marmara.gov.tr>). Bölgede

1990 yılından sonra hızla artan çarpık sanayileşme, diğer çevre sorunları ile birlikte hava kirliliğine de neden olmuştur. Özellikle havzanın yukarı çığırında (doğusunda) Çerkezköy ve Çorlu'daki organize sanayi bölgeleri önemli emisyon kaynaklarıdır. Havza genelinde ve havza içerisinde bulunan bazı şehirlerde yapılan çalışmalarda (Eroğlu, 2022, 2023; Garipağaoğlu, 2012; Gül ve ark., 2019; Karbuş, 2016; Koç & Tağıl, 2000; Özşahin ve ark., 2016; Siyavuş, 2020; Tecer ve ark., 2017) beşeri kökenli (evsel, sanayi, trafik, vs.) kirlenici kaynaklara dikkat çekilmiştir.

Hava kirliliği, atmosferde maddenin çeşitli hallerinde ve koku şeklinde bulunan her çeşit kirlenicinin insan sağlığı ile birlikte bütünüyle ekosistemi olumsuz etkileyecek boyutlara ulaşması durumudur (Garipağaoğlu, 2015). Atmosfer kirlenicilerinin sınır değerleri, ulusal ve uluslararası kuruluşlarca "hava kirliliği standartları" ile belirlenmiştir. Ülkemizde de hava kalitesinin korunması ve yönetimi ile ilgili çeşitli yönetmelikler vardır (Tablo 1 ve 2). Hava kirliliğinin ortam üzerindeki etkisi oldukça değişkenlik gösterir (İncik, 1994; Kırımhan, 2006). Hava kirlenicileri, insan sağlığı ile birlikte bütün canlılara, iklim ve fiziki unsurlara zarar vermektedir. Özellikle solunum yolu hastalıkları kirlenici havanın bir sonucudur (Erinç, 1984). Partikül halindeki kirlenicilerin, kökenleri ve boyutları (PM10 ve PM2,5) çok farklı olup, aerosollerin en tehlikeli fraksiyonudur. Atmosferde asılı partiküller madde, farklı suni ve doğal kaynaklardan ortama gönderilen katı ve sıvı maddeleri tanımlamak üzere kullanılan bir kavramdır. Gerek tanecik boyutları gerek yoğunluk ve kimyasal bileşimleri açısından farklılık gösterirler (Çevre Atlası, 2004; Evyapan, 2008; Öztürk, 2007). Partiküller madde, fosil katı yakıtların yanması, dizel motorlar, endüstriyel ve inşaat faaliyetleri, ikincil aerosoller, bitki polenleri, atmosferik toz taşınımları ve yerden kalkan tozlar gibi birçok kaynaktan oluşabilir. Partiküllerin, akciğerlerin hava torbalarının bulunduğu bölgelerde biriktiği ve sağlığı olumsuz etkilediği saptanmıştır. Güncel bulgular ise partiküller maddenin ayrıca beyin ve sinir sistemini etkilediği (Chew ve ark., 2020), obezite ve metabolik sendrom riskini arttırdığı (Wei ve ark., 2016) yönündedir. Klorofilli bitkilerde ise yapraklar üzerinde birikmekte ve fotosentez oranını düşürmektedir (Rai, 2016). Bu etki genel olarak yaprak dokularının tahrip olması, yaprakların sararması ve yeşilliğini kaybetmesi, büyümenin yavaşlaması şeklinde izlenmektedir (Karpuzcu, 1994). Partiküller madde kirliliğinin, canlılar üzerindeki olumsuz etkileri dışında, çökerek ekosistemde toprağın yapısını değiştirici etkisi vardır. Ayrıca güneş enerjisi sistemleri üzerinde birikerek, enerji üretim verimini düşürmektedir (Sarver ve ark., 2013; Zeydan, 2019). Önemli bir hava kirlenici olan kükürt dioksit, kükürt ve kükürt içeren yakıtların yanmasıyla açığa çıkar. Bütün canlılar için zehirleyici bir etkisi olup, bu gazın en önemli kaynağı kalitesiz katı yakıtlara bağlıdır. Son yıllarda atmosfere gönderilen kükürt dioksit oranında bir artış olduğu bilinmektedir. Atmosferde doğal kökenli SO₂ gazının kaynağı, volkanik olaylardır. SO₂ suda kolay çözünür, kimyasal açıdan kolaylıkla reaksiyona girerek oksitlenir, ya da atmosferde fotokimyasal reaksiyona girer. SO₂, güneş ışığında oksitlenerek SO₃'e kaynak oluşturmakta, ikincil bir kirlenici olan sülfürik asite (H₂SO₄) dönüşmektedir.

Tablo 1.Türkiye’de Uygulanan Partiküler Madde (PM₁₀) ve Kükürt Dioksit (SO₂) Sınır Değerleri (µg/m³)

Süre	PM ₁₀										
	2009 ve Öncesi	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
24 Saatlik	300	260	220	180	140	100	90	80	70	60	50
Yıllık	150	132	114	96	78	60	56	52	48	44	40
Kış dönemi	200	178	156	134	112	90	80	70	60	50	40
Süre	SO ₂										
	2009 ve Öncesi	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Saatlik	900	820	740	660	580	500	470	440	410	380	350
24 Saatlik	400	370	340	310	280	250	225	200	175	1150	125
Yıllık ve Kış dönemi	150	124	98	72	46	20	20	20	20	20	20

Kaynak: Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı (<https://cygm.csb.gov.tr/yonetmelikler>),
AB Hava Kalitesi Standardı (<https://ec.europa.eu/environment/air/quality/standards>)

Tablo 2.Bazı Atmosfer Kirlenmelerinin Limit Değerleri (µg/m³)

Kirlenici	Süre	2008 öncesi	2022 Yılı	AB Limit Değerinin geçerli olacağı tarih
PM ₁₀	24Saat	300	50 (35 kez/yıl)	
	Kış dönemi	200	40	1 Ocak 2019
	Yıllık	150	40	
PM _{2,5}	Limit Değer (yıllık)	30	29	1 Ocak 2019
	Hedef Değer (yıllık)		25	
SO ₂	Saat	900	350 (24 kez/yıl)	1 Ocak 2019
	24 Saat	400	125 (3 kez/yıl)	
	Kış dönemi	150	20	1 Ocak 2014
	Yıllık	250	20	
NO ₂	Saatlik	300	200+20	
	Yıllık	100	40+4	1 Ocak 2024
NO _x	Yıllık		30	1 Ocak 2019
	Saatlik bilgi eşiği		180	
O ₃	Saatlik uyarı eşiği		240	
	8 saatlik hedef sınır değer		120	1 Ocak 2022

Kaynak: Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı (<https://cygm.csb.gov.tr/yonetmelikler>),
AB Hava Kalitesi Standardı (<https://ec.europa.eu/environment/air/quality/standards>)
İBB (<https://havakalitesi.ibb.gov.tr/lcerik/mevzuat/turkiye-standartlari>).

NO ve NO₂, azot oksitlerin önemli kirlenmeleri arasında olup, atmosferde yaklaşık 2-5 gün süreyle kalırlar (Cindoruk, 2018). NO_xlerin önemli kaynakları arasında çeşitli ulaşım taşıtları, endüstriyel bacalar ve evsel ısınma bulunmaktadır. Ayrıca, volkanik patlamalar, orman yangınları ve biyolojik prosesler gibi diğer kaynaklar da belirtilebilir (Tiwary & Colls, 2004). Azot oksitler, fotokimyasal sis oluşumundaki önemli rolleri nedeniyle atmosferde anahtar kimyasallar sayılırlar. Gün ışığında azot dioksit fotolizinin sonucunda, çeşitli reaksiyonlarla ozon (O₃) oluşmaktadır. Bu olay, güneşli günlerde öğle saatlerinde başlayarak, azot dioksitin hızla tükenmesine neden olur. Bu reaksiyon hızı, yaz dönemi öğle saatlerinde maksimum seviyeye ulaşır. Azot monoksitin, azot dioksite dönüşmesi atmosferde kolayca gerçekleşir. Bu reaksiyonda azot monoksit havadaki oksijenle tüketilir. Ayrıca havada O₃’ün varlığı bu dönüşümü hızlandırır (Cindoruk, 2018). Böylece fotokimyasal sis meydana gelir ve hava kalitesini azaltan ana kirlenmelerden biri olarak değerlendirilir. Ozon, atmosferin yer yüzüne yakın katmanlarında zararlı bir gaz olarak kabul edilir. Azot oksitler ise gerek sağlığa

doğrudan etkileri ve gerekse asit yağışlara kaynak oluşturmaları bakımından önemlidirler.

Bahsedilen bu olumsuz etkileri nedeniyle atmosfer kirlenmelerinin konsantrasyonunun izlenmesi ve sınır değerlerle karşılaştırılması bir zorunluluktur. Türkiye’de geçmişte sınır değerler çok yüksek iken, Avrupa Birliği üyelik sürecinde, çevre ile ilgili mevzuatlarını uyumlu hale getirmiştir. Bu kapsamda, kirlenmelerin sınır değerleri, ulaşılabilecek yıla kadar kademeli olarak azaltılarak, Avrupa Birliği ülkelerinde uygulanan değerler ile aynı seviyeye çekilmiştir. Türkiye genelinde olduğu gibi, Meriç-Ergene Havzası’nda da hava kirliliğinin kaynakları arasında, evsel ısınma amaçlı tüketilen katı yakıtlar, motorlu kara taşıtları, endüstriyel ve zirai faaliyetler önde bulunmaktadır (Garipağaoğlu, 2002, 2019). Havzada, özellikle yanma döneminde (soğuk dönem) şehirlerin birçoğunun hava kalitesi bozulmuştur. Diğer yandan, sıcak dönemde evsel ısınmaya bağlı kirlilik görülmemekte, motorlu kara taşıtları, sanayi, inşaat, zirai faaliyetler ile atmosferik toz taşınımları etkili olmaktadır (Garipağaoğlu, 2008, 2020).

Yöntem

Meriç-Ergene Havzası'nın hava kalitesi, kirleticilerin ortalamalarına maksimumlarına ve eşik değerleri aşan sürelerine göre belirlenmiştir. İlgili sahada, kirleticilerin veri süresindeki yeterliliklerden hareketle partiküler madde (PM10 ve PM2,5), kükürt dioksit (SO₂), azot dioksit (NO₂), azot oksit (NO), azot oksitler (NO_x) ve ozon (O₃) incelenmiştir. Karbonmonoksit (CO) göstergeleri limit değerlerin altında kaldığından, değerlendirme dışı bırakılmıştır. Zamansal değişimde, öncelikle 1990- 2020 yılları arasında soğuk dönem ortalamaları ve yıllık ortalamalar esas alınarak, 10 yıllık dönemler arası farklılıklar görülmek istenmiştir. Daha sonra, 2022 yılına ait hava kirleticilerin, ortalamaları, maksimumları ve limit değerleri aşma süreleri incelenmiştir. Çalışmada nitel araştırma yöntemlerinden konu ile ilgili döküman analizi ve durum çalışması kullanılmış, kirleticilerin havzada zamansal ve mekansal değişimleri arasında nedensel bağlantılar kurulmaya çalışılmıştır. Havzada, düzenli hava kirliliği ölçümü yapan istasyonlar olarak; Edirne, Karaağaç, Keşan, Kırklareli, Vize, Lüleburgaz, Çerkezköy ve Çorlu'nun verileri kullanılmıştır. Havza kenarında bulunan, ancak sahanın hava kalitesine etkileri bakımından Tekirdağ ve Limanköy istasyonlarının verileri de dahil edilmiştir. Araştırmada kullanılan veriler, Başbakanlık Devlet İstatistik Enstitüsü, Türkiye İstatistik Kurumu Çevre İstatistikleri ile Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı Hava Kalitesi İzleme İstasyonları web sitesinden sağlanmıştır. Kirleticilerin havzadaki dağılımları, Coğrafi Bilgi Sistemleri yardımıyla üretilen haritalarla gösterilmiştir. Araştırmada kirletici konsantrasyonları, 2009 yılına kadar "Türkiye Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği Limit Değerleriyle" 2009 yılı ve sonrası "Avrupa Birliği- Türkiye Limit Değerleri" ile karşılaştırılmıştır.

Bulgular

Meriç-Ergene Havzası'nın hava kalitesi öncelikle 1990- 2020 yılları arasında, 10 yıllık dönemler halinde ele alınmıştır. Daha sonra, 2022 yılına ait olmak üzere, kükürt dioksit, partiküler madde, azot monoksit, azot dioksit, azot oksitler ve ozon gibi kirleticilerin yıllık, aylık ortalamaları, maksimum konsantrasyonları ve eşik değeri aşma süreleri değerlendirilerek, önemli bulgular elde edilmiştir.

Hava Kalitesinin Dönemler Arası (1990-2020) İncelenmesi

Meriç-Ergene Havzası'nda 1990-2010 yılları arasında partiküler madde yıllık ve soğuk dönem ortalamaları, "Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği" gereğince (yıllık 150 µg/m³) önemli sorun teşkil etmemektedir. Ancak kükürt dioksit yıllık ve soğuk dönem ortalamaları 1995 ve 2010 yıllarında Tekirdağ'da (havza dışında) sınır değeri aşmıştır. Edirne'de ise, 1995 soğuk dönem ortalamaları sınır değerinin üzerine çıkmıştır. Kırklareli'nde değerler daha düşük seyretmiştir (Tablo 3). 2020 yılında havza şehirlerinin yıllık ortalama partiküler madde konsantrasyonlarında, önceki yıllara nazaran düzenli bir düşüş olsa da mevcut yönetmeliğe göre (yıllık 40 µg/m³) hava kalitesinde sorun yaşanmıştır. Şöyle ki; Edirne, Keşan, Kırklareli ve Çerkezköy istasyonlarında sınır değeri aşılmış, Tekirdağ ve Çorlu'da çok yaklaşmıştır. Yıllık ortalama kükürt dioksit ortalamaları da Keşan ve Çorlu'da sınır değerinin (yıllık 20 µg/m³) üzerinde, Tekirdağ'da sınır değere yakın gözükmektedir. Havzada

maksimum partiküler madde konsantrasyonlarında da 1990-2020 yılları arası dönemlerde genel düşüş eğilimi izlenmekle birlikte, 2010 yılında Tekirdağ'da (havza dışında) sınır değeri (260 µg/m³) aşılmış, Edirne'de sınır değere yaklaşmıştır. 2020 yılında ise, havzadaki istasyonların hepsinde partiküler madde maksimumları kısa vadeli sınır değeri (50 µg/m³) aşmıştır. Maksimum kükürt dioksit konsantrasyonları, 1990-2010 yılları arası dönemlerde daha yüksek gözükmekte olup, genellikle kısa vadeli sınır değerinin (400 µg/m³) üzerindedir. 2020'de Keşan ve Çorlu ise, sınır değeri (125 µg/m³) aşmış, Tekirdağ yaklaşmıştır (Tablo 3).

Araştırma sahasında 1990-2000 yılları arasında, kükürt dioksitin uzun sürelerle eşik değeri aştığı anlaşılmaktadır. Örneğin, havza şehirlerinin birçoğunda hedef sınır değeri (150 µg/m³) aşan günler sayısı 52-107 arasında değişmekte olup, uzunca bir süreyi kapsamaktadır. Bu günlerin sayısı partiküler maddede daha sınırlı kalmıştır. Aynı şekilde Edirne ve Tekirdağ'da (havza dışında) kükürt dioksit kısa vadeli sınır değeri (300 µg/m³) aşan günler sayısı ve 1. uyarı eşikini (400 µg/m³) aşan günler sayısı açısından dikkat çekmektedir. Dolayısıyla havzanın hava kalitesinde 1990-2010 yılları arasında, soğuk dönemde kükürt dioksit, partiküler maddeye göre daha etkili bir kirletici olmuştur. 2020 yılında ise, partiküler madde yıllık, kış dönemi ortalamaları ve maksimumlar açısından öne geçmiştir.

Hava Kalitesinin Yıllık Ortalamalar ve Maksimumlara Göre İncelenmesi (2022 Yılı)

Meriç-Ergene Havzası'nda, 2022 yılında, düzenli ölçümleri yapılan hava kirleticilerden, partiküler madde (PM10 ve PM2,5), kükürt dioksit (SO₂), azot oksit (NO), azot dioksit (NO₂) azot oksitler (NO_x) ve ozonun (O₃) yıllık ortalamaları ve maksimum konsantrasyonları incelenmiştir (Tablo 4). Havza şehirlerinin yıllık ortalama partiküler madde (PM10) konsantrasyonlarında, önceki yıllara nazaran düzenli bir düşüş olsa da mevcut yönetmeliğe göre (yıllık 40 µg/m³) hava kalitesinde sorun oluşturduğu söylenebilir. Şöyle ki; Edirne, Keşan, Kırklareli, Tekirdağ ve Çorlu'da yıllık ortalama sınır değeri aşılmış, Çerkezköy'de yaklaşmıştır.

Lüleburgaz ve Limanköy istasyonlarında ise, sınır değere ulaşılmamıştır. Partiküler madde ortalamaları, Edirne istasyonunda en yüksek değerine ulaşmıştır (53µg/m³). Bunu Tekirdağ (48µg/m³), Çorlu (45µg/m³), Keşan (43µg/m³) ve Kırklareli (40µg/m³) istasyonlarının ortalamaları izlemektedir. Çerkezköy (39µg/m³), Lüleburgaz (25µg/m³) ve Limanköy (20µg/m³) istasyonlarının ortalamaları ise daha düşüktür. 2022 yılında, partiküler madde yıllık ortalama konsantrasyonlarının mekansal dağılışı, havzanın çeşitli kesimleri arasında farklılıklar gösterir. Şöyle ki, havzanın kuzeybatısında, Edirne 1. dereceden, güneyinde Tekirdağ, güneybatısında Keşan ve doğusunda Çorlu çevreleri 2. dereceden, Kuzeyde Kırklareli, doğuda Çerkezköy ise 3. dereceden riskli alanlar olarak belirlemektedir. Lüleburgaz çevreleri ise sorunsuz durumdadır (Şekil 2). Ayrıca doğal kaynaklı hava kirleticilerin bölgeler arası taşınmaları, antropojenik kirlilik kaynakları kadar önemlidir. Bilindiği üzere, bütünüyle Marmara Bölgesi, iklimatik açıdan bir geçiş özelliği göstermektedir. Bölgede hakim rüzgâr sektörü kuzeydir. İkinci egemen sektör güney olup, bazı zamanlarda Lodos (Güneybatı), sahra kaynaklı tozları çok yoğun bir biçimde bölgeye taşımaktadır (Kılıç ve ark., 2014).

Havzada, PM10 dağılışı, fosil katı yakıt tüketim miktarı, nüfus yoğunluğu, endüstrileşme, şehirci ulaşım yoğunluğu, inşaat ve tarımsal faaliyetler, bitki polenleri ve yerden kalkan toz

kaynaklarına bağlı olarak değişmektedir (Gül ve ark., 2019; Tecer ve ark., 2017).

Tablo 3.

Meriç-Ergene Havzası'nda Hava Kirleticilerin (PM₁₀, SO₂) Konsantrasyonları ve Aşma Süreleri (1990-2020)

İSTASYONLAR	Yıl	Yıllık ortalamalar (µg/m ³)		Kış dönemi ortalamaları (µg/m ³)		Maksimumlar (µg/m ³)	
		PM10	SO ₂	PM10	SO ₂	PM10	SO ₂
EDİRNE	1990	32	91	49	122	274	990
KIRKLARELİ	1990	47	108	71	132	132	200
TEKİRDAĞ	1990	60	82	61	117	285	446
EDİRNE	1995	28	120	46	289	137	596
KIRKLARELİ	1995	38	42	42	44	59	81
TEKİRDAĞ	1995	30	204	24	104	165	448
EDİRNE	2000	11	52	13	46	85	347
KIRKLARELİ	2000	33	34	41	42	66	68
TEKİRDAĞ	2000	18	43	19	121	39	136
EDİRNE	2010	65	45	80	77	256	282
KIRKLARELİ	2010	43	23	66	51	199	443
TEKİRDAĞ*	2010	80	134	81	185	270	750
EDİRNE	2020	68	10	94	9	291	64
KARAAĞAÇ	2020	14	-	15	-	98	-
KEŞAN	2020	45	70	47	79	201	719
KIRKLARELİ	2020	43	19	46	31	202	86
VİZE	2020	-	11	-	27	-	40
LİMANKÖY*	2020	23	3	22	4	51	18
LÜLEBURGAZ	2020	30	9	32	13	192	39
TEKİRDAĞ	2020	39	15	47	17	134	116
ÇERKEZKÖY	2020	41	14	51	17	187	95
ÇORLU	2020	39	25	42	44	147	439

Kaynak: <https://biruni.tuik.gov.tr/cevredagitimapp/hava.zul>. (-Veri Bulunmamaktadır). (*Havza Dışında Kalan İstasyonlar), (2010 Yılı Kısa Vadeli Sınır Değer 220 µg/m³, 1.Uyarı Eşiği 260µg/m³).

Tablo 4.

Meriç-Ergene Havzası'nda Bazı Hava Kirleticilerin Yıllık Ortalama ve Maksimum Konsantrasyonları (µg/m³) (2022 Yılı-Günlük)

İSTASYONLAR	PM ₁₀		PM _{2,5}		SO ₂		NO ₂		NO _x		NO		O ₃	
	Ort	Max	Ort	Max	Ort	Max	Ort	Max	Ort	Max	Ort	Max	Ort	Max
EDİRNE	53	166	25	77	4	14	8	23	56	220	24	95	27	68
KARAAĞAÇ	-	-	-	-	7	25	7	19	16	45	3	20	50	92
KEŞAN	43	166	12	65	40	423	9	35	20	113	5	47	65	137
KIRKLARELİ	40	173	16	46	7	83	13	31	17	73	3	29	52	87
VİZE	-	-	-	-	-	-	5	23	12	35	5	9	-	-
LİMANKÖY*	20	95	-	-	3	8	3	15	31	90	3	8	68	129
LÜLEBURGAZ	25	78	-	-	9	28	15	33	35	115	9	50	-	-
TEKİRDAĞ*	48	169	13	56	13	55	17	47	45	225	12	76	33	60
ÇORLU	45	132	26	82	12	74	16	44	54	137	6	38	39	161
ÇERKEZKÖY	39	166	18	94	15	106	17	70	40	230	14	104	57	86

Kaynak: Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, Ulusal Hava Kalitesi İzleme Ağı (<https://www.havaizleme.gov.tr>).

Atmosfer kirleticilerin maksimumları, bazen artarak hava kalitesini düşürmektedir. Örneğin, partiküler madde (PM10) yıllık maksimumları, "Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliğine" göre; 2022'de, bütün istasyonlarda, günlük limit değeri (50 µg/m³) aşmıştır. Maksimumlar, 173 µg/m³ ile 78 µg/m³ arasında değişmektedir. Bu durum, Meriç-Ergene Havzası'nın hava kalitesinde maksimumların zaman zaman sorun yarattığını

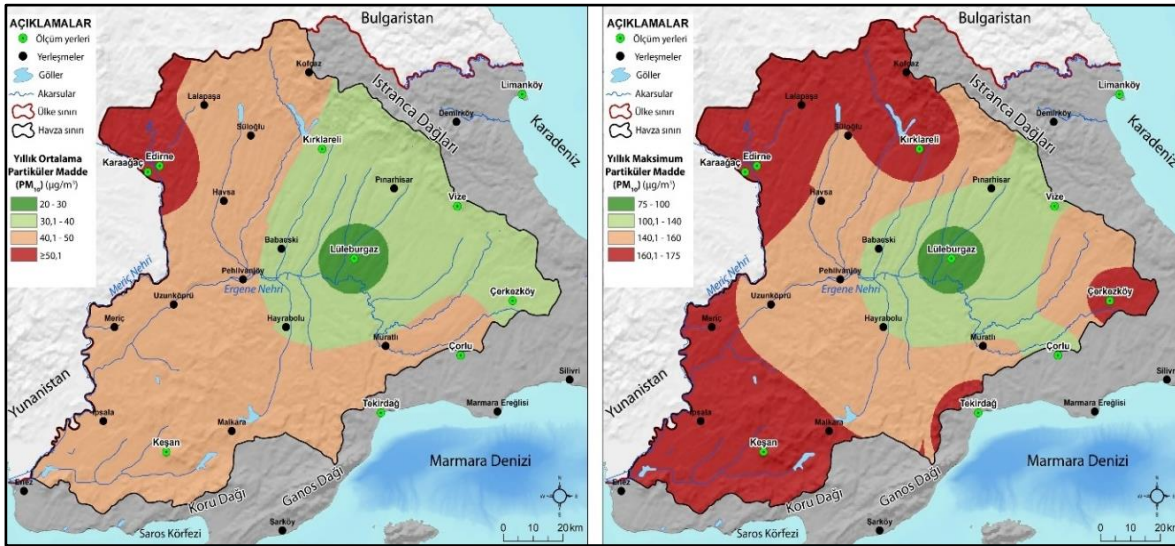
ifade etmektedir. Maksimumların dağılışı açısından havzanın her kesimi riskli gözükmeyle birlikte özellikle kuzeyde Kırklareli, Edirne, güneybatıda Keşan, güneyde Tekirdağ'a yakın kesimler, doğuda Çerkezköy çevreleri 1. dereceden, riske sahiptir.

PM_{2,5} olarak bilinen ve ince tozlardan oluşan partiküler maddenin yıllık ortalamaları ise, Çorlu (26µg/m³) ve Edirne'de (25µg/m³) en yüksek değerine ulaşmıştır. 25µg/m³ partikül

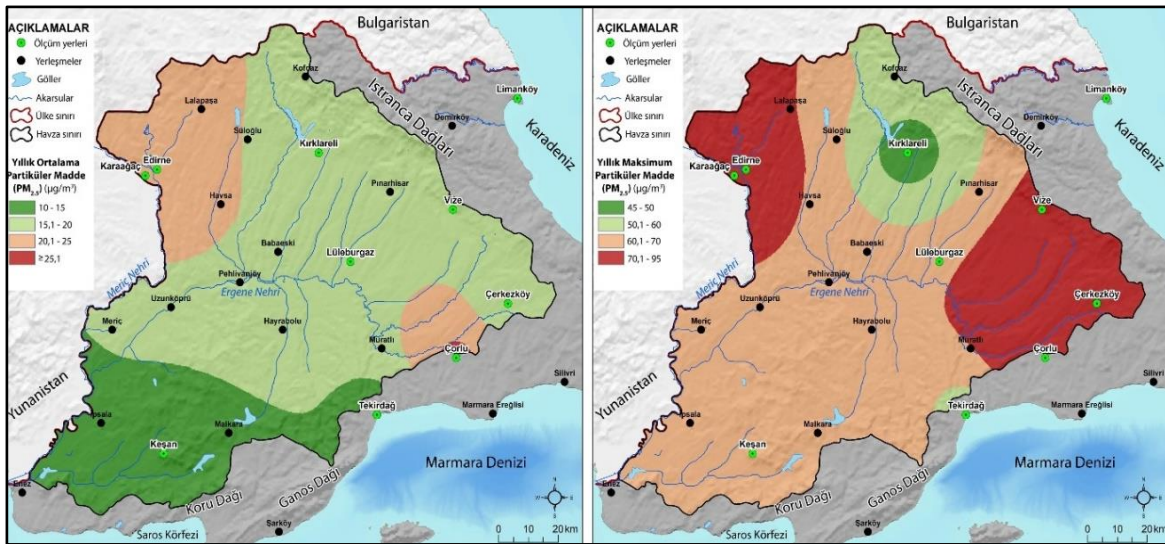
madde Avrupa Birliği mevzuatına göre yıllık hedef sınır değer, Dünya Sağlık Örgütü'ne göre de hava kirliliğinde en üst sınır olarak belirlenmektedir. Dolayısıyla Çorlu ve Edirne'de üst sınıra yaklaşıldığı anlaşılmaktadır. Bunları, Çerkezköy ve Kırklareli izlemektedir. Tekirdağ (havza dışında) ve Keşan istasyonlarının ortalamaları ise, daha düşük kalmaktadır. Karaağaç, Lüleburgaz ve Vize istasyonlarında veri bulunmamaktadır. 2022 yılında, PM_{2,5} yıllık ortalama konsantrasyonlarının mekânsal dağılışı da havzanın çeşitli kesimleri arasında önemli farklılıklar gösterir (Şekil 3). Bu bakımdan havzanın doğusunda Çorlu, kuzeybatısında Edirne çevresi 1. dereceden riskli alanlar olarak belirlemektedir. Ayrıca doğuda Çerkezköy, orta kesimlerde Lüleburgaz ve kuzeyde

Kırklareli dikkat edilmesi gereken alanlar durumundadırlar. Havzanın diğer kesimlerinde, değerler hızla düştüğünden, sorunlu alan bulunmamaktadır. Karaağaç, Vize ve Lüleburgaz'da veri bulunmadığından, bu kesimler için değerlendirme yapılmamıştır.

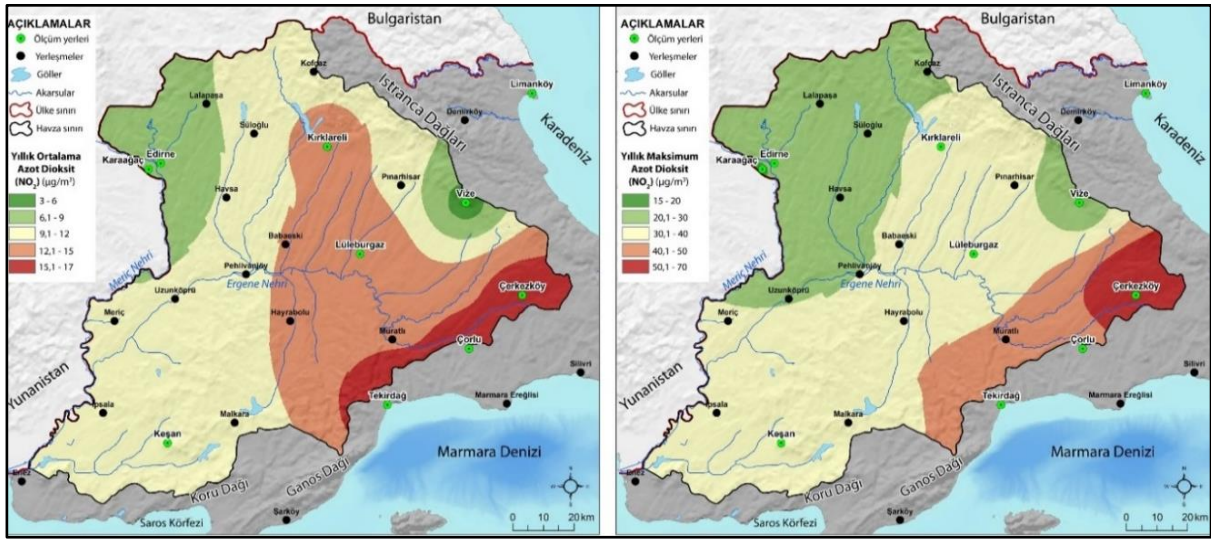
PM_{2,5} yıllık maksimum konsantrasyonları, 94 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ile, 46 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ arasında değişmektedir (Şekil 4). Esasında maksimumların dağılışı açısından havzanın her kesimi riskli gözükmele birlikte "Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliğinde" günlük sınır değerler bulunmadığından, maksimumlarla karşılaştırma yapılamamıştır.



Şekil 3. Meriç-Ergene Havzası'nda Yıllık Ortalama Partiküler ve Maksimum Madde (PM₁₀) Konsantrasyonlarının Dağılışı ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).



Şekil 4. Meriç-Ergene Havzası'nda Ortalama Maksimum Partiküler Madde (PM_{2,5}) Konsantrasyonlarının Dağılışı ($\mu\text{g}/\text{M}^3$).



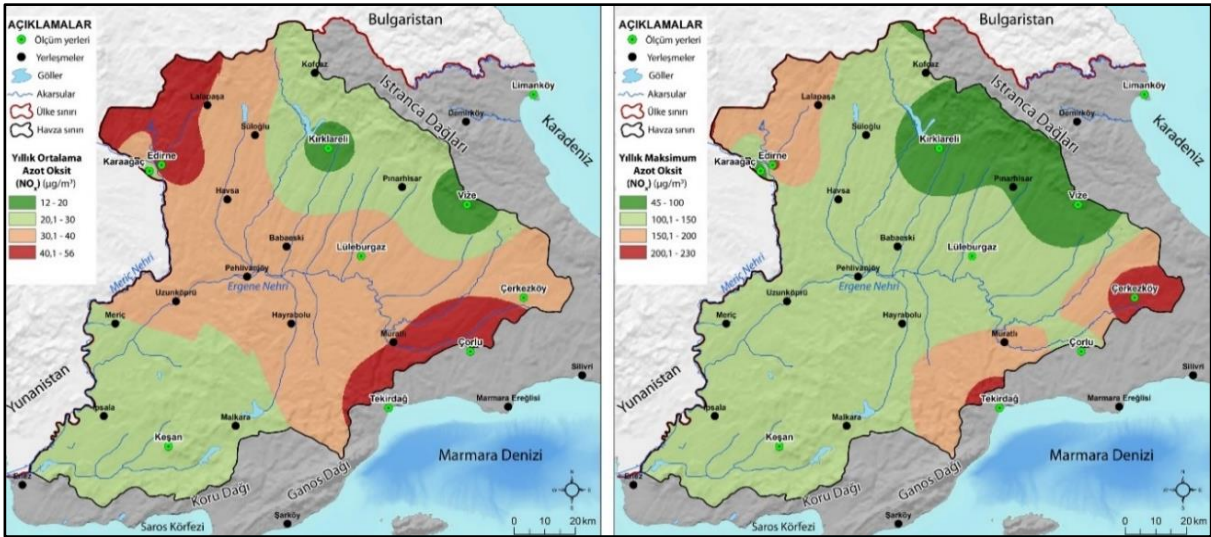
Şekil 6.

Meriç-Ergene Havzası'nda Yıllık Ortalama ve Maksimum Azot Dioksit (NO_2) Konsantrasyonlarının Dağılışı ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Azot oksitlerin yıllık ortalamaları, mekânsal dağılış açısından önemli farklılıklar göstermektedir (Şekil 5). Dağılış bakımından kuzeybatıda, Edirne, güneyde havza sınırına yakın Tekirdağ ve doğuda Çorlu, bölgesi 1. dereceden, doğuda Çerkezköy, orta kesimlerde Lüleburgaz ve batıda uzun köprü hattı ve kuzey-güney yönlü Süloğlu-Hayrabolu arası 2. derecede, riskli alanlar olarak dikkat çekmektedir. Havzada bu dağılışın, riskli bölgeleri ortaya çıkarması, daha ziyade sanayiye bağlılıkla ifade edilebilir. Havzada

Karaağaç, Kırklareli, Keşan ve Vize'de ortalamaların daha düşük olması ise, hava akımlarına açık olmaya ve düşük nüfus- sanayi yoğunluğuna bağlı gözükmektedir.

2022 yılında, azot oksitlere (NO_x) ait maksimumlar genellikle yüksek seyretmiştir. Özellikle Çerkezköy ($230\mu\text{g}/\text{m}^3$), Tekirdağ ($225\mu\text{g}/\text{m}^3$) ve Edirne ($223\mu\text{g}/\text{m}^3$) istasyonlarında çok yüksek maksimumlar ölçülmüştür.



Şekil 7.

Meriç-Ergene Havzası'nda Yıllık Ortalama ve Maksimum Azot Oksit (NO_x) Konsantrasyonlarının Dağılışı ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

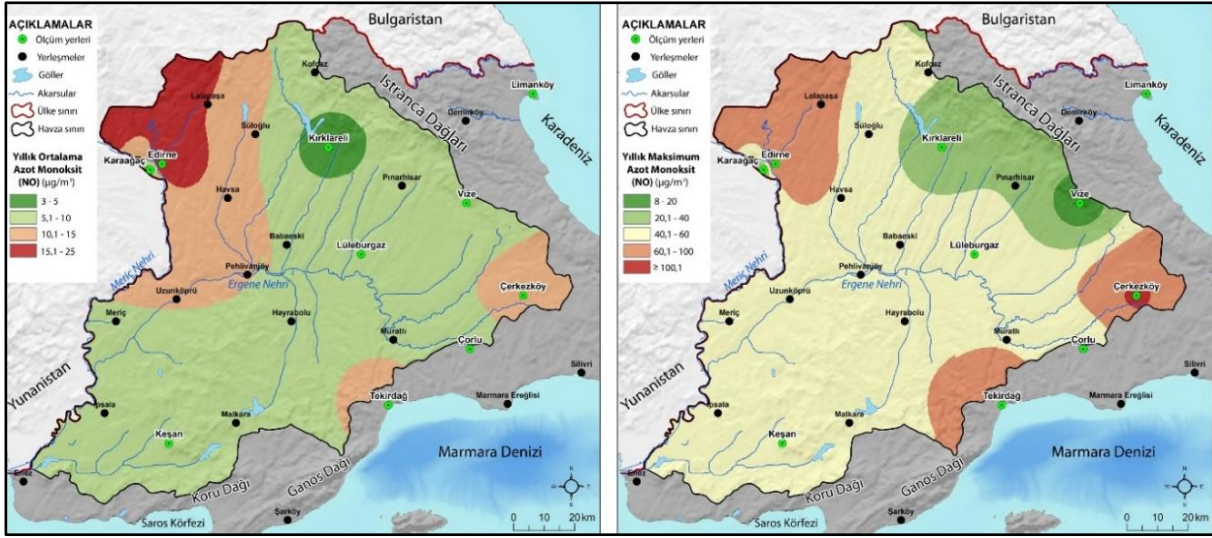
Bunları Çorlu ($137\mu\text{g}/\text{m}^3$), Lüleburgaz ($115\mu\text{g}/\text{m}^3$) ve Keşan ($113\mu\text{g}/\text{m}^3$) izlemiştir. Havzanın diğer kesimlerinde ise, maksimumlar düşmektedir (Şekil 7). Mevcut yönetmelikte, saatlik veya günlük limit değerler verilmediğinden, ulaşılan maksimumlar mukayese edilememiştir.

Azot oksit (NO) ortalamaları yine Edirne ($24\mu\text{g}/\text{m}^3$) ve Çerkezköy'de ($14\mu\text{g}/\text{m}^3$) daha yüksek durumda olup, bunları Tekirdağ ($12\mu\text{g}/\text{m}^3$) izlemektedir. Diğer istasyonların yıllık

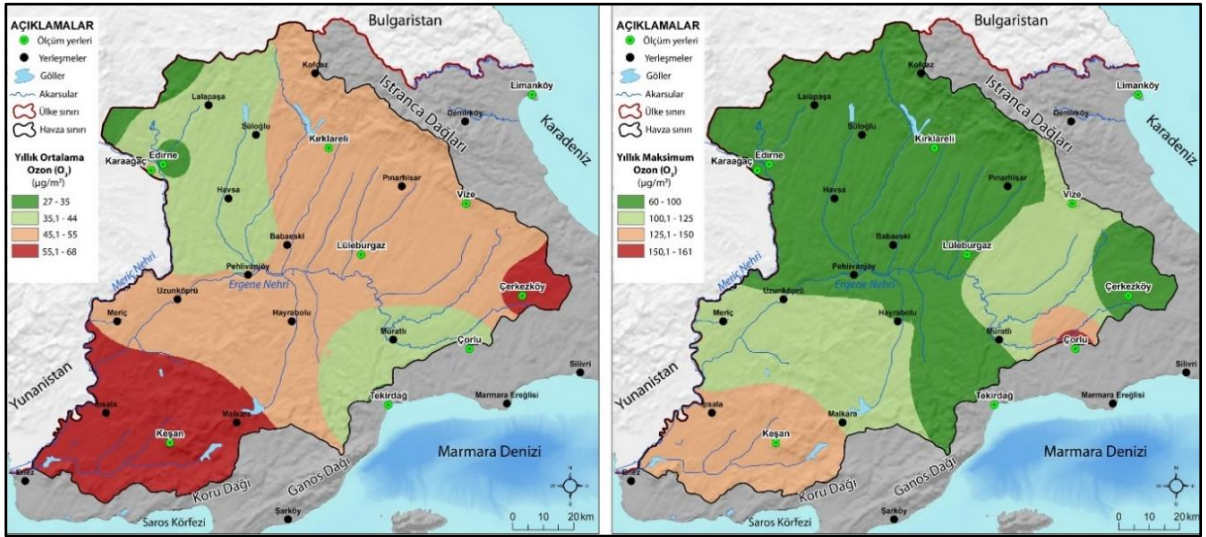
ortalamaları daha düşük kalmaktadır. "Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliğinde azot oksite ait yıllık sınır değer belirtilmediğinden, bu bakımdan değerlendirme yapılamamıştır. Ancak havzanın kuzeyinde Edirne, güney sınırı yakınlarında Tekirdağ ve doğusunda Çerkezköy çevrelerinde diğer kesimlere nazaran değerlerin daha yüksek olduğu söylenebilmektedir. Havzada NO maksimumları, $8\mu\text{g}/\text{m}^3$ ile $104\mu\text{g}/\text{m}^3$ arasında ölçülmüş olup, yine en yüksek değerler Çerkezköy ($104\mu\text{g}/\text{m}^3$) ve Edirne'de ($95\mu\text{g}/\text{m}^3$) görülmektedir. Daha sonra Tekirdağ ($76\mu\text{g}/\text{m}^3$), Lüleburgaz ($50\mu\text{g}/\text{m}^3$) ve Keşan

($47\mu\text{g}/\text{m}^3$) gelmektedir. Havzanın diğer kesimlerinde maksimumlar düşmektedir (Şekil 8). Mevcut yönetmelikte, saatlik

veya günlük limit değerler verilmediğinden, ulaşılan maksimumların aşma durumları mukayese edilememiştir.



Şekil 8. Meriç-Ergene Havzası'nda Yıllık Ortalama ve Maksimum Azot Monoksit (NO) Konsantrasyonlarının Dağılışı ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).



Şekil 9. Meriç-Ergene Havzası'nda Yıllık Ortalama ve Maksimum Ozon (O_3) Konsantrasyonlarının Dağılışı ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Havzada yıllık ortalama ozon (O_3) miktarları bakımından ise, en yüksek ortalamalar Keşan'a ($65\mu\text{g}/\text{m}^3$) ait gözükmektedir. Bunların arkasından, Çerkezköy ($57\mu\text{g}/\text{m}^3$), Kırklareli ($52\mu\text{g}/\text{m}^3$) ve Karaağaç ($50\mu\text{g}/\text{m}^3$) gelmektedir. Diğer istasyonların ortalamaları daha önemsiz olup, Vize ve Lüleburgaz'a ait veri bulunmamaktadır. Belirtilen ortalamalara göre, 2022 yılında, havzada "Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliğine" göre; yıllık hedef sınır değer ($120\mu\text{g}/\text{m}^3$) aşılmamıştır. Havzada en az olduğu alanlar ise, nüfus yoğunluğunun ve sanayileşmenin fazla olduğu, kuzeybatıda Edirne çevresi, güneydoğuda Çorlu-Tekirdağ hattıdır (Şekil 7). Ozon (O_3) maksimumları $60\mu\text{g}/\text{m}^3$ ile $161\mu\text{g}/\text{m}^3$ arasında olup, en yüksek konsantrasyonlar Çorlu ($161\mu\text{g}/\text{m}^3$), Keşan ($137\mu\text{g}/\text{m}^3$) ve havza dışında Limanköy'de ($129\mu\text{g}/\text{m}^3$) ölçülmüştür. Karaağaç ($92\mu\text{g}/\text{m}^3$), Kırklareli ($87\mu\text{g}/\text{m}^3$) ve Çerkezköy ($86\mu\text{g}/\text{m}^3$) ikinci sırada bulunmaktadır. Diğer istasyonların konsantrasyonları daha

önemsiz gözükmektedir (Şekil 9).

Hava Kalitesinin Aylık Ortalamalar, Maksimumlar ve Limit Değeri Aşan Süreye Göre İncelenmesi (2022 Yılı)

Meriç-Ergene Havzası'nda 2022 yılında, hava kirlenmelerinin ortalamaları ve maksimumları, aylar arasında önemli dalgalanmalar gösterir. Örneğin partiküler madde (PM10) ortalamaları, yıl içerisinde genellikle soğuk dönemde (Ekim-Mart arası) daha yüksek seyretmektedir. Bu bakımdan, Limanköy (havza dışında) ve Lüleburgaz haricinde, diğer istasyonlarda genellikle Ekim ayından itibaren yükselmeye başlamakta ve Mayıs'a kadar devam etmektedir. Böylece, Sonbahar ortalarından, ilkbahar ortaları veya sonlarına kadar daha riskli bir dönem yaşanmaktadır. Limanköy ve Lüleburgaz'da aylık ortalamalar arasında önemli farklılıklar görülmemektedir. Vize ve Karaağaç istasyonlarına ait veri bulunmadığından, değerlendirme

dışında bırakılmışlardır. Partiküler madde aylık ortalamaları, soğuk dönemde genellikle "Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliğinde" belirtilen yıllık ve kış dönemi sınır değerinin ($40\mu\text{g}/\text{m}^3$) üzerindedir. Kırklareli, Keşan ve Çerkezköy'de 6-7 ay, Tekirdağ (havza dışında), Edirne ve Çorlu'da 9-10 ayın ortalamalarına göre yıllık ve kış dönemi sınır değerleri aşılmaktadır. Limanköy ve Lüleburgaz'ın aylık ortalamaları ise, sınır değerinin altında gerçekleşmiştir. Aylık maksimumlar (günlük verilere göre) açısından da soğuk dönem bariz bir biçimde önde yer almaktadır; Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliğine" göre; soğuk dönem aylarında, istasyonların hepsinde maksimumlar, günlük sınır değeri ($50\mu\text{g}/\text{m}^3$) aşmıştır. Havzada 2022 yılına ait aylık maksimumlar, Edirne Ve Çorlu'da 12,

Keşan, Kırklareli ve Tekirdağ'da (havza dışında) 11, Çerkezköy'de 10, Lüleburgaz'da 3, Limanköy'de (havza dışında) 2 aylık süre içerisinde, zaman, zaman günlük sınır değerini aşılabileceğini ifade etmektedir. Aylık en yüksek maksimumlar ise, yıl içerisinde, Edirne ($166\mu\text{g}/\text{m}^3$) Şubat, Keşan ($166\mu\text{g}/\text{m}^3$) Ocak, Kırklareli ($173\mu\text{g}/\text{m}^3$), Tekirdağ ($169\mu\text{g}/\text{m}^3$), Çorlu ($132\mu\text{g}/\text{m}^3$), Limanköy ($94\mu\text{g}/\text{m}^3$) Nisan, Lüleburgaz ($78\mu\text{g}/\text{m}^3$) Nisan, Temmuz, Kasım, Çerkezköy ($166\mu\text{g}/\text{m}^3$) Kasım ayına isabet etmektedir (Tablo 5). Havzada Yaz aylarındaki PM10 konsantrasyonlarının da yüksek olması, yaz kuraklığına ve özellikle tarımsal faaliyetler sonucu oluşan toz taşınımının artmasına bağlı olabilmektedir. Ayrıca, Temmuz-Eylül dönemine PM10 gidisindeki düzensizlikler, basınç ve rüzgar hızı ile ters orantılı olarak seyretmektedir.

Tablo 5.

Meriç- Ergene Havzası'nda Hava Kirleticilerin Aylık Ortalama ve Maksimum Konsantrasyonları (2022 Yılı-Günlük)

EDİRNE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
PM ₁₀ (Ort)	72	77	59	71	56	45	35	30	38	44	54	61
PM ₁₀ (Max)	150	166	130	162	87	87	63	68	59	85	95	137
PM _{2,5} (Ort)	39	36	31	23	23	25	12	15	18	22	25	29
PM _{2,5} (Max)	77	59	47	39	37	36	21	23	29	43	54	66
SO ₂ (Ort)	7	5	4	5	3	3	4	3	4	3	4	4
SO ₂ (Max)	14	11	11	10	5	4	9	5	7	6	10	8
NO ₂ (Ort)	11	9	5	6	6	6	4	5	5	10	13	14
NO ₂ (Max)	15	15	9	8	9	9	8	8	8	18	22	23
NO _x (Ort)	71	66	48	63	41	41	44	44	36	58	73	94
NO _x (Max)	149	133	74	115	58	56	84	73	64	131	169	220
NO (Ort)	32	29	19	23	19	18	17	16	18	26	35	41
NO (Max)	75	72	36	43	30	28	37	27	36	56	90	95
O ₃ (Ort)	14	15	16	22	26	36	48	62	-	-	-	26
O ₃ (Max)	32	19	24	32	34	47	59	68	-	-	-	34
KARAAĞAÇ												
SO ₂ (Ort)	9	10	13	9	6	5	7	4	7	5	6	7
SO ₂ (Max)	25	24	24	23	14	13	15	10	18	14	17	15
NO ₂ (Ort)	8	10	7	7	6	5	6	7	6	5	8	8
NO ₂ (Max)	18	19	17	18	13	9	10	14	13	12	16	17
NO _x (Ort)	25	26	20	20	19	11	9	11	10	10	16	20
NO _x (Max)	45	42	34	35	29	22	17	24	20	23	37	42
NO (Ort)	4	5	2	3	2	2	2	2	2	3	5	7
NO (Max)	11	10	5	6	4	3	5	6	5	8	16	20
O ₃ (Ort)	29	36	37	47	53	61	70	70	58	51	36	53
O ₃ (Max)	60	50	56	62	66	78	79	92	75	66	61	66
KEŞAN												
PM ₁₀ (Ort)	57	52	51	52	35	32	29	35	34	39	49	52
PM ₁₀ (Max)	166	106	94	156	54	59	44	69	63	101	94	160
PM _{2,5} (Ort)	23	19	16	13	9	8	7	6	5	8	12	17
PM _{2,5} (Max)	65	39	38	34	16	10	9	10	11	20	27	53
SO ₂ (Ort)	122	124	92	43	14	10	8	6	6	8	12	32
SO ₂ (Max)	423	273	215	127	43	17	13	8	8	18	21	103
NO ₂ (Ort)	14	14	12	12	8	7	6	7	6	8	9	8
NO ₂ (Max)	35	26	24	23	18	12	14	18	14	18	23	18
NO _x (Ort)	37	34	23	22	16	12	11	12	13	16	18	25
NO _x (Max)	113	73	51	48	33	21	24	30	31	63	55	67
NO (Ort)	11	9	5	5	3	2	2	2	3	4	5	9
NO (Max)	47	25	14	15	8	5	4	7	6	23	20	32
O ₃ (Ort)	26	29	36	41	57	85	102	109	98	81	62	57
O ₃ (Max)	50	40	51	53	81	95	120	137	128	97	86	81
KIRKLARELİ												
PM ₁₀ (Ort)	43	45	44	47	36	35	31	48	31	34	40	42
PM ₁₀ (Max)	96	71	75	173	61	76	47	108	48	71	89	89
PM _{2,5} (Ort)	22	22	20	15	11	11	9	11	10	15	16	21
PM _{2,5} (Max)	46	40	36	31	17	15	11	16	15	24	35	43
SO ₂ (Ort)	10	7	8	6	8	6	7	6	7	8		5
SO ₂ (Max)	83	13	13	9	14	14	11	8	11	12		8

Tablo 5. (Devamı)

NO ₂ (Ort)	14	16	14	11	10	8	7	9	9	15	16	18
NO ₂ (Max)	25	21	27	21	17	14	14	16	17	29	28	31
NO _x (Ort)	27	23	17	13	11	9	8	10	13	22	22	32
NO _x (Max)	73	42	34	28	22	16	16	18	25	51	60	69
NO (Ort)	7	5	2	2	1	1	1	1	1	4	4	8
NO (Max)	29	13	5	4	2	1	1	3	4	15	20	25
O ₃ (Ort)	32	38	53	48	70	73	76	61	52	43	40	34
O ₃ (Max)	50	53	66	71	83	87	86	71	65	53	58	62
VİZE												
SO ₂ (Ort)	13	17	11	16	13	6	6	12	13	14	13	-
SO ₂ (Max)	27	53	26	42	38	15	11	24	22	27	22	-
NO ₂ (Ort)	10	7	4	6	4	4	6	6	6	3	3	4
NO ₂ (Max)	23	19	8	15	10	11	19	15	13	10	8	9
NO _x (Ort)	20	17	12	16	10	9	12	12	13	9	9	10
NO _x (Max)	33	36	21	28	18	16	25	23	19	17	14	16
NO (Ort)	6	5	5	5	5	5	5	5	5	4	4	4
NO (Max)	6	6	5	7	5	5	9	5	5	5	5	5
LİMANKÖY*												
PM ₁₀ (Ort)	20	22	27	25	20	19	19	21	18	17	21	14
PM ₁₀ (Max)	37	35	45	94	29	26	29	32	31	31	63	26
SO ₂ (Ort)	3	3	3	3	3	3	4	3	3	4	4	4
SO ₂ (Max)	7	4	5	7	4	7	6	6	8	6	6	8
NO ₂ (Ort)	4	3	4	8	2	1	1	1	2	2	4	2
NO ₂ (Max)	10	4	10	15	4	2	1	5	4	12	10	4
NO _x (Ort)	24	38	27	17	10	10	9	9	15	62	79	79
NO _x (Max)	39	40	41	26	12	28	10	13	56	90	86	88
NO (Ort)	3	3	2	3	2	2	2	2	2	3	3	3
NO (Max)	5	5	4	4	3	3	3	3	3	8	6	7
O ₃ (Ort)	47	52	72	60	75	75	80	90	83	73	62	47
O ₃ (Max)	65	77	96	80	97	88	88	109	129	86	86	64
LÜLEBURGAZ												
PM ₁₀ (Ort)	24	29	26	32	22	19	21	24	21	27	33	26
PM ₁₀ (Max)	41	46	43	78	33	33	78	42	29	73	78	48
SO ₂ (Ort)	10	11	12	9	6	6	7	9	6	7	12	9
SO ₂ (Max)	21	18	21	16	11	9	11	15	10	17	28	19
NO ₂ (Ort)	13	14	11	10	16	15	12	14	14	15	17	22
NO ₂ (Max)	22	27	23	18	26	23	20	21	23	27	30	33
NO _x (Ort)	36	37	26	26	35	31	27	29	32	35	43	62
NO _x (Max)	70	65	51	41	50	41	36	38	46	65	86	115
NO (Ort)	10	11	7	7	7	7	6	6	8	9	12	21
NO (Max)	32	21	16	12	11	8	7	9	12	23	34	50
TEKİRDAĞ*												
PM ₁₀ (Ort)	51	62	57	62	53	43	38	46	33	42	48	41
PM ₁₀ (Max)	74	112	101	169	90	87	55	89	42	78	133	68
PM _{2,5} (Ort)	17	22	18	15	12	9	7	8	6	11	14	16
PM _{2,5} (Max)	28	44	34	31	26	15	13	17	11	32	56	33
SO ₂ (Ort)	18	20	25	14	10	6	11	11	11	9	6	9
SO ₂ (Max)	36	55	44	32	17	11	16	16	17	12	10	14
NO ₂ (Ort)	21	26	22	18	19	12	11	11	15	14	17	21
NO ₂ (Max)	40	46	47	32	32	22	20	19	30	25	30	37
NO _x (Ort)	75	106	65	46	36	20	18	19	24	33	41	55
NO _x (Max)	206	225	166	110	78	31	34	31	43	81	98	122
NO (Ort)	21	32	18	11	6	5	4	5	6	10	13	17
NO (Max)	56	76	51	32	14	7	7	6	10	23	38	50
O ₃ (Ort)	21	24	35	29	42	46	45	46	40	28	22	17
O ₃ (Max)	36	44	50	50	56	53	52	60	53	40	31	30
ÇERKEZKÖY												
PM ₁₀ (Ort)	44	58	53	55	31	24	20	33	36	29	41	49
PM ₁₀ (Max)	117	154	118	154	68	42	31	74	98	67	166	125
PM _{2,5} (Ort)	25	32	25	24	12	8	6	10	14	15	24	26
PM _{2,5} (Max)	66	80	69	65	40	16	10	34	50	40	94	68
SO ₂ (Ort)	30	34	16	15	8	7	7	10	15	11	16	13
SO ₂ (Max)	107	79	50	42	28	16	9	31	46	47	47	51
NO ₂ (Ort)	19	23	20	23	16	9	6	10	22	18	19	14
NO ₂ (Max)	39	46	48	46	43	19	22	28	52	51	70	44
NO _x (Ort)	51	66	39	51	29	15	10	18	45	45	48	65
NO _x (Max)	132	198	129	121	96	36	44	52	110	142	230	206

Tablo 5. (Devamı)

NO (Ort)	17	20	11	16	8	4	3	5	15	17	19	30
NO (Max)	51	86	52	50	34	12	14	18	45	66	104	102
O ₃ (Ort)	35	41	54	50	62	69	73	68	52	48	37	35
O ₃ (Max)	55	69	80	73	86	83	85	83	71	70	62	45
ÇORLU (MTHM)												
PM ₁₀ (Ort)	39	45	41	52	43	43	39	54	38	48	57	43
PM ₁₀ (Max)	60	75	75	132	83	92	55	115	55	89	109	92
SO ₂ (Ort)	17	19	20	14	13	7	5	7	7	9	11	10
SO ₂ (Max)	37	48	58	38	74	30	25	20	29	30	27	33
NO ₂ (Ort)	29	37	29	25	19	14	11	10	12	12	11	10
NO ₂ (Max)	49	60	54	61	48	26	20	17	20	23	22	15
NO _x (Ort)	71	78	64	66	52	43	35	34	39	38	35	34
NO _x (Max)	115	110	96	134	88	57	50	43	49	50	63	58
NO (Ort)	13	13	9	9	5	4	3	3	3	5	5	5
NO (Max)	29	26	18	30	12	6	6	4	7	10	17	16
O ₃ (Ort)	16	10	-	26	45	49	54	66	57	43	33	24
O ₃ (Max)	29	14	-	35	74	60	67	161	159	54	50	46
ÇORLU (OSB)												
PM _{2,5} (Ort)	22	25	25	27	26	24	22	28	23	26	31	28
PM _{2,5} (Max)	40	42	53	54	59	35	36	53	43	44	82	56
SO ₂ (Ort)	13	11	15	13	13	12	11	12	13	14	16	14
SO ₂ (Max)	29	21	29	52	38	25	26	27	37	37	83	29
NO ₂ (Ort)	22	23	17	21	17	13	10	11	15	13	15	15
NO ₂ (Max)	44	37	37	37	32	20	15	22	23	24	24	21
NO _x (Ort)	52	55	46	57	62	54	52	42	34	44	80	65
NO _x (Max)	107	93	74	94	90	72	86	80	54	75	126	137
NO (Ort)	7	8	5	8	5	3	2	4	6	6	9	11
NO (Max)	21	26	20	24	13	14	8	22	17	21	32	38
O ₃ (Ort)	30	26	25	25	30	40	49	62	59	49	36	28
O ₃ (Max)	56	36	37	30	49	48	85	85	71	65	55	50

Kaynak: Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı (<https://www.havaizleme.gov.tr>).

Partiküler madde (PM_{2,5}) ortalamaları da yine yıl içerisinde genellikle soğuk dönemde (Ekim-Mart arası) daha yüksek gözükmektedir. Sadece Çorlu (OSB) istasyonunda sıcak ve soğuk dönem arasında fark görülmektedir. Genel olarak Ekim ayından itibaren yükselmeye başlamakta ve Nisan'a kadar devam etmektedir. Karaağaç, Limanköy, Vize, Lüleburgaz ve Çorlu (MTHM) istasyonlarına ait veri bulunmamaktadır. Partiküler madde aylık ortalamaları, soğuk dönemde Edirne ve Çerkezköy'de genellikle "Avrupa Birliği mevzuatına göre yıllık hedef sınır değerinin ve Dünya Sağlık Örgütü'ne göre en üst sınır değerinin (25µg/m³) üzerine çıkmaktadır. Bu bakımdan Edirne'de 6, Çerkezköy'de 4 ayın ortalamaları sınır değerinin üzerinde bulunmaktadır. Tekirdağ (havza dışında), Kırklareli ve Keşan'da ise, aylık ortalamalar sınır değerinin altında kalmaktadır. Çorlu'da (OSB) ise, 9 ayın ortalamaları sınır değeri aşmaktadır. Aylık maksimumlar (günlük verilere göre) da soğuk dönemde bariz bir biçimde artmaktadır. Aylık en yüksek maksimumlar ise, yıl içerisinde, Edirne (77g/m³), Keşan (65 µg/m³) ve Kırklareli'de (46µg/m³) Ocak, Tekirdağ (56 µg/m³) ve Çorlu'da (82 µg/m³) Kasım, Çerkezköy'de (80 µg/m³) Şubat ayına isabet etmektedir (Tablo 5).

Kükürt dioksit aylık ortalamaları ve maksimumları ise, Keşan, Tekirdağ Çerkezköy ve Çorlu'da yine soğuk dönemde daha yüksektir. Diğer istasyonlarda ise, düşük olup aylar arasında fazla iniş-çıkış göstermez. En yüksek aylık ortalamalar Keşan'da (124 µg/m³), Çerkezköy'de (34 µg/m³) ve Vize'de (17 µg/m³) Şubat, Kırklareli (10 µg/m³) ve Edirne'de (7 µg/m³) Ocak, Tekirdağ (25 µg/m³) ve Karaağaç'da (13 µg/m³) Çorlu'da (20 µg/m³) Mart,

Lüleburgaz'da Mart, Kasım aylarında ölçülmüştür (Tablo 5). Kükürt dioksit aylık ortalamaları, Keşan İstasyonunda Aralık-Nisan arasında 5 ay, Tekirdağ'da Şubat ve Mart aylarında, Çerkezköy'de Ocak ve Şubat aylarında, Çorlu'da (MTHM) Mart ayında "Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliğinde" belirtilen yıllık ve kış dönemi sınır değerinin (20µg/m³) üzerine çıkmıştır. Havzada belirtilen şehirlerde soğuk dönemin ortaya çıkması, genellikle yanma döneminde evsel ısıtma amaçlı tüketilen fosil katı yakıtlara bağlı gözükmektedir. Sıcak dönemde ısınma ihtiyacının ortadan kalkması nedeniyle kükürt dioksit konsantrasyonları düşük seyretmiştir. Ancak, sanayi ve dizel araçlardan kaynaklanan kükürt dioksit salımı devam etmektedir. Kükürt dioksit aylık maksimumları da yıl içerisinde soğuk dönemde daha yüksek seyretmiştir. Örneğin, Keşan (423 µg/m³), Çerkezköy (107 µg/m³), Kırklareli (83 µg/m³), Karaağaç (25 µg/m³) ve Edirne'de (14 µg/m³) Ocak, Tekirdağ (55 µg/m³) ve Vize'de (53 µg/m³) Şubat, Limanköy'de (8µg/m³) Aralık, Lüleburgaz'da (28µg/m³), Çorlu'da (58µg/m³) Mart aylarında görülmektedir. Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliğine" göre; soğuk dönemde maksimumlar Keşan'da Ocak- Nisan arasında, günlük sınır değeri (125 µg/m³) aşmıştır. Diğer istasyonlarda ise, maksimumlar günlük sınır değerinin altında gerçekleşmiştir.

2022 yılında, azot dioksit ortalamaları ve maksimumları da genellikle soğuk dönem içerisindeki aylarda daha yüksek olmakla birlikte bazen sıcak döneme de kayabilmektedir. Örneğin, Lüleburgaz (22µg/m³) ve Edirne'de (14µg/m³) Aralık, Tekirdağ (26µg/m³), Çorlu (37µg/m³) ve Karaağaç'ta (10µg/m³) Şubat, Keşan'da (14µg/m³) Ocak ve Şubat, Kırklareli'nde (18g/m³) Aralık,

Vize'de ($10\mu\text{g}/\text{m}^3$) Ocak, Limanköy'de ($8\mu\text{g}/\text{m}^3$) Nisan, Çerkezköy'de ($23\mu\text{g}/\text{m}^3$) Şubat ve Nisan ayı daha yüksek ortalamalara sahiptir. Ancak, ayları hiçbirinde yıllık sınır değer (yıllık $40+4\mu\text{g}/\text{m}^3$) aşılmamış olup risk teşkil etmemektedir. En yüksek maksimumlar ise, Lüleburgaz ($33\mu\text{g}/\text{m}^3$) ve Edirne'de ($23\mu\text{g}/\text{m}^3$) Aralık, Karaağaç'ta ($19\mu\text{g}/\text{m}^3$) Şubat, Vize ($23\mu\text{g}/\text{m}^3$) ve Keşan'da ($35\mu\text{g}/\text{m}^3$) Ocak, Kırklareli'de ($31\mu\text{g}/\text{m}^3$) Aralık, Limanköy'de ($15\mu\text{g}/\text{m}^3$) Nisan, Tekirdağ'da ($47\mu\text{g}/\text{m}^3$) Mart, Çerkezköy'de ($70\mu\text{g}/\text{m}^3$) Kasım, Çorlu'da ($61\mu\text{g}/\text{m}^3$) Nisan aylarında ölçülmüştür (Tablo 5).

Azot oksitlerin aylık ortalamaları da 2022 yılında genellikle soğuk dönemde daha yüksek olup, Edirne ve Çorlu'da sürekli olarak yıllık sınır değer (yıllık $30\mu\text{g}/\text{m}^3$) üzerinde seyretmiştir. Diğer istasyonlardan, Keşan'da Ocak ve Şubat, Kırklareli'nde Aralık, Limanköy'de Ekim-Şubat arası, Lüleburgaz'da Mart, Nisan, Temmuz, Ağustos ayları haricindeki aylarda, Tekirdağ'da Ekim-Mayıs arası, Çerkezköy'de Eylül- Nisan arasında kalan sürelerde yıllık sınır değer aşılmıştır. Vize ve Karaağaç'ta ise, ayların ortalamaları sürekli olarak sınır değerinin altında gerçekleşmiştir. En yüksek ortalamalara, Lüleburgaz ($62\mu\text{g}/\text{m}^3$), Kırklareli ($32\mu\text{g}/\text{m}^3$) ve Edirne'de ($94\mu\text{g}/\text{m}^3$) Aralık, Çerkezköy ($66\mu\text{g}/\text{m}^3$), Tekirdağ ($106\mu\text{g}/\text{m}^3$) ve Karaağaç'ta ($26\mu\text{g}/\text{m}^3$) Şubat, Çorlu ($71\mu\text{g}/\text{m}^3$), Vize ($20\mu\text{g}/\text{m}^3$) ve Keşan'da ($37\mu\text{g}/\text{m}^3$) Ocak, Limanköy'de ($79\mu\text{g}/\text{m}^3$) Kasım ve Aralık aylarında ulaşmıştır. Bu durum gerek daha yüksek ortalamaların ve gerekse sınır değerinin aşıldığı ayların soğuk döneme isabet ettiğini göstermektedir. Aynı şekilde aylık maksimumlar da yine yüksek seyretmiş olup, en yüksek değerler, soğuk dönem içerisinde kaydedilmiştir. Ancak mevcut mevzuatta azot oksitlerde günlük ve saatlik sınır değerler verilmediğinden, maksimumlarla limit değerler karşılaştırılamamıştır. En yüksek maksimumlar, Edirne ($220\mu\text{g}/\text{m}^3$), Karaağaç ($45\mu\text{g}/\text{m}^3$), Keşan ($113\mu\text{g}/\text{m}^3$), Kırklareli ($73\mu\text{g}/\text{m}^3$), Vize ($36\mu\text{g}/\text{m}^3$), Limanköy ($90\mu\text{g}/\text{m}^3$), Lüleburgaz ($115\mu\text{g}/\text{m}^3$), Tekirdağ ($225\mu\text{g}/\text{m}^3$), Çerkezköy ($230\mu\text{g}/\text{m}^3$), Çorlu ($134\mu\text{g}/\text{m}^3$) istasyonlarında soğuk dönemde kaydedilmiştir (Tablo 5). Azot oksitlerin aylık maksimum konsantrasyonları da hava kalitesini olumsuz etkileyebilecek seviyelere ulaşmıştır. Azot monoksit (NO) aylık ortalamaları, vize dışında, diğer istasyonlarda

yine soğuk dönemde belirgin bir biçimde yükselmektedir. En yüksek aylık ortalamalar, Karaağaç ($7\mu\text{g}/\text{m}^3$), Kırklareli ($8\mu\text{g}/\text{m}^3$), Lüleburgaz ($21\mu\text{g}/\text{m}^3$), Çerkezköy ($30\mu\text{g}/\text{m}^3$) ve Edirne'de ($41\mu\text{g}/\text{m}^3$) Aralık, Vize ($6\mu\text{g}/\text{m}^3$) ve Keşan'da ($11\mu\text{g}/\text{m}^3$) Ocak, Limanköy'de ($3\mu\text{g}/\text{m}^3$) Ekim- Nisan arası, Tekirdağ'da ($32\mu\text{g}/\text{m}^3$) Şubat, Çorlu'da ($13\mu\text{g}/\text{m}^3$) Ocak-Şubat ayları daha yüksek konsantrasyonlara sahip gözükmemektedir. Ancak, "Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliğinde azot monoksit için yıllık sınır değer belirtilmediğinden, sınır değerlere göre mukayese yapılamamıştır. Havzada NO maksimumları da ortalamalarda olduğu gibi soğuk dönemde en yüksek değerlerine ulaşmaktadır. Maksimumlar havzada $1\mu\text{g}/\text{m}^3$ ile $104\mu\text{g}/\text{m}^3$ arasında ölçülmüştür. En yüksek Maksimumlar, Lüleburgaz ($50\mu\text{g}/\text{m}^3$), Kırklareli ($29\mu\text{g}/\text{m}^3$), Karaağaç ($20\mu\text{g}/\text{m}^3$) ve Edirne'de ($95\mu\text{g}/\text{m}^3$) Aralık, Tekirdağ ($76\mu\text{g}/\text{m}^3$) Şubat, Keşan ($47\mu\text{g}/\text{m}^3$), ve Vize'de ($6\mu\text{g}/\text{m}^3$) Ocak, Çerkezköy ($104\mu\text{g}/\text{m}^3$) Kasım Çorlu'da ($30\mu\text{g}/\text{m}^3$) Nisan aylarına isabet etmektedir. Ancak, mevcut yönetmelikte saatlik veya günlük limit değerler verilmediğinden, maksimumlar, sınır değerlerle mukayese edilememiştir.

Havzada 2022 yılında, ozon ortalamaları ve maksimumlarının yıl içerisinde dağılışı ise, diğer kirleticilerin aksine sıcak dönemde genellikle daha yüksek seyretmiştir. En yüksek ortalamalar Keşan ($109\mu\text{g}/\text{m}^3$), Kırklareli ($76\mu\text{g}/\text{m}^3$), Limanköy ($90\mu\text{g}/\text{m}^3$), Çorlu ($66\mu\text{g}/\text{m}^3$) ve Edirne'de ($62\mu\text{g}/\text{m}^3$) Ağustos, Karaağaç'ta ($70\mu\text{g}/\text{m}^3$) Temmuz-Ağustos, Tekirdağ ($46\mu\text{g}/\text{m}^3$) Haziran ve Ağustos, Çerkezköy'de ($73\mu\text{g}/\text{m}^3$) Temmuz aylarında kaydedilmiştir. Ozon konsantrasyonu havzada yaz aylarında güneşlenmenin etkisiyle yükselmiştir. Ozonun kış aylarında oldukça düşük değerler göstermiş olması ise, güneşlenme oranının az olmasıyla ilişkilidir (Tecer, vd. 2017). Ancak, ayların hiçbirinde sınır değer (8 saatlik hedef sınır değer $120\mu\text{g}/\text{m}^3$) aşılmamış olup risk teşkil etmemektedir. En yüksek maksimumlar da Çorlu ($161\mu\text{g}/\text{m}^3$) Keşan ($137\mu\text{g}/\text{m}^3$), Karaağaç ($92\mu\text{g}/\text{m}^3$), Tekirdağ ($60\mu\text{g}/\text{m}^3$) ve Edirne'de ($68\mu\text{g}/\text{m}^3$) Ağustos, Kırklareli'nde ($86\mu\text{g}/\text{m}^3$) Haziran, Limanköy'de ($129\mu\text{g}/\text{m}^3$) Eylül, Çerkezköy'de ($86\mu\text{g}/\text{m}^3$) Mayıs, aylarında ölçülmüştür. Aylık maksimumlara göre, Keşan 3, Çorlu 2, Limanköy 1 ay içerisinde sınır değeri aşabilmiştir.

Tablo 6.

Meriç- Ergene Havzası'nda Partiküler Madde Maksimumlarına Göre Limit Değeri ($50\mu\text{g}/\text{m}^3$) Aşan Günler Sayısı (2022Yılı- Günlük)

AYLAR	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Toplam
EDİRNE	23	23	16	22	19	8	3	4	7	12	19	20	176
KEŞAN	13	11	14	13	6	2	0	5	4	8	13	12	100
KIRKLARELİ	9	14	12	11	4	4	0	8	0	5	10	13	90
LİMANKÖY*	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	2
LÜLEBURGAZ	0	0	0	3	0	0	2	0	0	1	7	0	13
TEKİRDAĞ*	18	20	16	18	13	4	1	9	0	7	9	10	125
ÇERKEZKÖY	11	15	12	14	5	0	0	6	6	5	9	14	97
ÇORLU (MTHM)	7	13	10	12	8	8	2	17	3	13	16	13	122

Kaynak: Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, Ulusal Hava Kalitesi İzleme Ağı, (<https://www.havaizleme.gov.tr>).

Havzada günlük verilere göre limit değeri aşan gün sayıları da genellikle yanma dönemi içerisinde kalan aylarda daha fazladır. PM10 en yüksek aşma süreleri Edirne'de (23 gün) Ocak ve Şubat,

Keşan'da (14 gün) Mart, Tekirdağ (havza dışında, 20 gün), Çerkezköy (15 gün) ve Kırklareli'nde (14 gün) Şubat, Çorlu (16 gün) ve Lüleburgaz'da (7 gün) Kasım, aylarına isabet etmektedir. Limit

değeri aşan günlerin yıllık toplamı ise, Edirne’de 176 günü bulmuştur. Tekirdağ 125 gün, Çorlu (MTHM) 122gün, Keşan 100 güne dikkat çekmektedir Çerkezköy ve Kırklareli ise, 3 aylık süreye sahiptir. Bu süre, Lüleburgaz (13 gün) ve Limanköy’de (havza dışında, 2 gün) en kısadır (Tablo 6). “Hava Kalitesi

Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliğinde” belirtilen 24 saatlik limit değerlerin bir yılda 35 kez den fazla aşmaması koşuluna göre; Limanköy ve Lüleburgaz dışındaki istasyonların hepsinde öngörülen süre fazlasıyla aşılmıştır.

Tablo 7.

Meriç-Ergene Havzası’nda Kükürt Dioksit Maksimumlarına Göre Limit Değeri (125µg/m³) Aşan Günler Sayısı (2022 Yılı-Günlük)

AYLAR	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Toplam
KEŞAN	12	9	7	1	0	0	0	0	0	0	0	0	29

Kaynak: Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, Ulusal Hava Kalitesi İzleme Ağı (Kaynak: <https://www.havaizleme.gov.tr>).

Tablo 8.

Meriç- Ergene Havzası’nda Bazı Hava Kirlenmelerinin Aylık Maksimum Konsantrasyonları (2022 Yılı-Saatlik)

AYLAR	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
EDİRNE												
PM ₁₀	436	517	268	365	227	195	195	138	170	242	312	195
PM _{2,5}	314	272	112	99	65	82	47	44	66	104	113	82
NO _x	711	362	132	192	79	111	150	131	101	415	578	111
NO	404	203	72	93	42	59	77	61	57	234	340	59
O ₃	27	28	43	80	64	66	149	80	-	-	-	-
KARAAĞAÇ												
NO _x	153	199	95	86	93	72	79	52	43	41	130	72
NO	60	96	36	33	37	29	40	75	20	17	60	30
O ₃	64	79	96	90	108	110	118	135	115	100	91	82
KEŞAN												
PM ₁₀	507	308	275	239	123	92	78	300	130	275	341	92
PM _{2,5}	214	136	145	102	37	17	16	29	25	56	114	17
SO ₂	1276	1018	957	304	102	29	31	18	18	65	73	29
NO _x	339	378	166	164	95	60	76	95	87	277	264	60
NO	171	196	68	78	31	19	17	28	30	143	140	19
KIRKLARELİ												
PM ₁₀	193	221	242	329	108	112	84	167	95	197	282	268
PM _{2,5}	121	131	69	57	42	31	38	49	41	76	97	105
NO _x	236	224	119	97	120	39	51	42	108	397	422	492
NO	125	111	41	34	28	-	-	-	-	193	206	142
O ₃	66	75	95	87	123	106	129	98	98	79	82	73
LİMANKÖY*												
PM ₁₀	67	53	63	162	116	71	51	107	114	47	130	118
NO _x	85	80	101	55	46	348	25	58	62	119	118	155
O ₃	79	172	112	110	157	105	112	156	174	111	88	70
LÜLEBURGAZ												
PM ₁₀	96	102	73	178	65	56	323	79	54	198	156	114
NO _x	261	142	105	102	148	98	95	92	163	239	365	430
NO	139	67	49	35	44	30	21	27	69	111	178	225
TEKİRDAĞ*												
PM ₁₀	129	201	189	273	164	130	93	146	100	109	188	173
PM _{2,5}	71	117	95	80	39	30	29	32	29	53	65	92
SO ₂	230	323	218	47	52	16	36	30	58	33	19	44
NO _x	382	521	311	236	201	73	95	82	149	162	233	360
NO	150	260	134	81	54	13	32	31	86	69	111	188
ÇERKEZKÖY												
PM ₁₀	258	312	219	223	174	124	65	134	232	176	350	329
PM _{2,5}	161	189	126	173	126	45	16	88	107	93	225	162
SO ₂	408	251	169	165	127	72	14	138	169	131	158	183
NO _x	648	775	823	787	508	162	296	284	764	743	1322	933
NO	353	428	468	438	275	54	138	151	452	417	768	540
ÇORLU (MTHM)												
PM ₁₀	93	131	115	266	209	250	135	217	112	374	231	157
O ₃	34	20	-	48	99	89	98	277	267	82	67	53
ÇORLU (OSB)												
NO _x	271	429	243	255	218	133	236	190	277	232	344	462
NO	120	229	117	125	82	45	72	88	149	124	159	236
O ₃	65	50	45	70	68	69	108	152	129	103	81	65

Kaynak: Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, Ulusal Hava Kalitesi İzleme Ağı (<https://www.havaizleme.gov.tr>).

Havzada kükürt dioksit günlük maksimum konsantrasyonlarına göre ise, sadece Keşan'da limit değeri aşan günler görülmektedir. Limit değeri aşan günler, yanma dönemi içerisinde kalan aylara isabet etmekte olup, Ocak- Nisan arasında gerçekleşmektedir. Keşan'da limit değeri aşan günlerin yıllık toplamı 29 gündür (Tablo 7). "Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliğinde" belirtilen bir yılda 3 kez den fazla aşmaması koşuluna göre, Keşan'da öngörülen süreni 10 katüzerine çıkmıştır.

Havzada kirleticilerin aylık maksimumlarının, saatlik ölçümleri, günlük ölçümlerden daha yüksek seyretmiştir. Ozon haricinde, diğer kirleticilerin maksimumları, yine soğuk dönemde daha yüksek seviyelere ulaşmıştır. Ancak, "Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği'nde" partiküler madde (PM10, PM 2,5), azot monoksit (NO), azot oksitlere (NO_x) ait saatlik sınır değerler belirtilmediği için bu kirleticiler limit değerler açısından incelenmemiştir. Partiküler madde (PM10) en yüksek saatlik konsantrasyonları Keşan (507µg/m³) ve Edirne'de (314µg/m³) Ocak, Limanköy (havza dışında,162µg/m³), Tekirdağ (havza dışında,273µg/m³), Kırklareli'nde (329µg/m³) Nisan, Lüleburgaz'da (323µg/m³) Temmuz, Çerkezköy'de (350µg/m³) Kasım, Çorlu- MTHM'de (374µg/m³) Ekim aylarında ölçülmüştür. Partiküler madde (PM2,5) en yüksek saatlik konsantrasyonları ise, Keşan (214µg/m³) ve Edirne'de (314µg/m³) Ocak, Tekirdağ (117µg/m³)ve Kırklareli'de (131µg/m³) Şubat, Çerkezköy'de (225µg/m³) Kasım aylarında gözükmemektedir. Azot oksitlerin (NO_x)

en yüksek saatlik konsantrasyonları da Çorlu-OSB (462µg/m³), Keşan (339µg/m³) ve Edirne'de (711µg/m³) Ocak, Tekirdağ (521µg/m³) ve Karaağaç'ta (199µg/m³) Şubat, Lüleburgaz (430µg/m³) ve Kırklareli'nde (492µg/m³) Aralık, Limanköy'de (348 µg/m³) Haziran, Çerkezköy'de (1322µg/m³) Kasım aylarına isabet etmektedir. Ozonun (O₃) ölçüm yapılan istasyonlarda en yüksek saatlik konsantrasyonları ise, Kırklareli'nde (129µg/m³) Temmuz, Limanköy'de (172 µg/m³) Şubat, Çorlu-MTHM (277µg/m³) Çorlu-OSB'de (152µg/m³) Ağustos aylarına isabet etmektedir. Bu durumda, O₃ saatlik maksimumları, "Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliğinde" belirtilen saatlik bilgi eşiği (180µg/m³) ve saatlik uyarı eşiği (240µg/m³) sadece Çorlu-OSB istasyonunda aşılmıştır. Havzada kükürt dioksit (SO₂) saatlik konsantrasyonları yüksek seyreden 2 istasyon bulunmaktadır. Bunlardan Keşan'da Ocak- Mayıs arasında sürekli olarak 100µg/m³'ün üzerine çıkmış olup, en yüksek maksimum (1276µg/m³) Ocak ayında ölçülmüştür. Ocak, Şubat ve Mart aylarında ise, saatlik limit değer (350µg/m³) aşılmıştır (Tablo 8). Yıllık toplam saatlik limit değeri aşan günler ise, 26 olup, yönetmelikte belirtilen sürenin (24 kez) üzerine çıkmıştır. Çerkezköy'de ise, Haziran ve Temmuz ayları haricinde sürekli olarak maksimumlar 100µg/m³'ün üzerinde gerçekleşmiş olmakla birlikte, Sadece Ocak ayında (408µg/m³) limit değeri aşacak seviyeye ulaşmıştır (Tablo 9). Havzanın güney sınırına yakın olan Tekirdağ'da da maksimumlar, Ocak-Mart arası dönemde çok yüksek olmasına rağmen, limit değerinin altında kalmıştır.

Tablo 9.

Meriç- Ergene Havzası'nda Kükürt Dioksit Maksimumlarına Göre Limit Değeri Aşan (350µg/m³) Günler Sayısı (2022 Yılı-Saatlik)

Aylar	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Toplam
KEŞAN	10	9	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	26
ÇERKEZKÖY	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1

Kaynak: Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, Ulusal Hava Kalitesi İzleme Ağı (<https://www.havaizleme.gov.tr>)

Tartışma ve Sonuç

Meriç-Ergene Havzası hava kalitesi, kirleticilerin ortalamaları, maksimumları ve limit değerlerine göre incelenmiştir. Ulaşılan sonuçlar açısından; 1990-2020 yılları arasında, düzenli ölçümü yapılmış olan partiküler madde (PM10) ve kükürt dioksit konsantrasyonlarında, genel düşüş eğilimi görülmekle birlikte, bazı yıllar sınır değerler aşılmış, ya da yaklaşmıştır. 2022 yılında ise, ölçüm yapan istasyonların verilerine göre havzada Tekirdağ-Çerkezköy-Çorlu çevresiyle Edirne, Lüleburgaz ve Keşan'da bazı kirleticilerin konsantrasyonları yüksek olup hava kalitesi açısından riskli kesimlerdir. Çünkü belirtilen alanlar, havzada hızlı nüfus artışına, çarpık kentleşmeye ve yoğun sanayileşmeye daha fazla maruz kalmaktadırlar. Buna bağlı olarak, evsel, endüstriyel ve trafik kökenli emisyonlar atmosfere yüksek miktarlarda salınmakta ve sınır değerler aşılmaktadır. Kirleticilerden Partiküler madde (PM10 ve PM2,5) konsantrasyonlarına göre, havzanın kuzeybatısında Edirne, güney sınırı çevresinde Tekirdağ, güneybatısında Keşan, doğusunda Çorlu, Çerkezköy, kuzeyinde Kırklareli, orta kesimlerde Lüleburgaz çevreleri, farklı derecelerden riskli alanlar olarak belirlemektedir. PM10 yıllık ortalama konsantrasyonlarında, önceki yıllara nazaran düzenli bir

düşüş olsa da mevcut yönetmeliğe göre, Edirne, Keşan, Kırklareli, Tekirdağ ve Çorlu'da yıllık ortalama sınır değer (yıllık 40 µg/m³) aşılmış, Çerkezköy'de yaklaşmıştır. Yıllık maksimumlar da, mevcut Yönetmeliğe göre havzanın her yerinde, günlük sınır değerinin (50 µg/m³) üzerindedir. PM2,5 ortalamaları, yıllık hedef sınır değeri (25µg/m³), Çorlu ve Edirne'de aşmış olup, maksimumlar açısından havzanın her kesimi riskli durumdadır. Yıllık ortalama kükürt dioksit konsantrasyonları açısından, havzanın güney batısında Keşan'da en yüksek değerlere ulaşılmış, ayrıca, Çerkezköy, Çorlu, Tekirdağ ve Uzunköprü hattında nispeten yükselmiştir. Kükürt dioksitin Yıllık (20µg/m³), günlük (125µg/m³) ve saatlik (350µg/m³) limit değerlerini, sadece Keşan aşmıştır. Havzada yıllık azot dioksit ortalamaları ve maksimumlarının mekânsal dağılışı açısından ise, sorun yaşanmamaktadır. Azot oksitlerin yıllık ortalamalarına göre ise, Edirne, Tekirdağ ve Çorlu, bölgesi 1. dereceden, Çerkezköy, Lüleburgaz-Uzunköprü hattı, kuzey-güney yönlü Süloğlu-Hayrabolu arası 2. dereceden, riskli alanlar olarak belirlemektedir. Azot oksitlerin maksimumları da genellikle yüksek seyretmiştir. Bahsi geçen kesimler, aynı zamanda havzanın yoğun sanayi bölgelerini de kapsadığından, bu dağılışı, daha ziyade sanayiye bağlılıkla ifade edilebilir. Ozon (O₃) ortalamalarına göre, havzada yıllık hedef sınır değer (120µg/m³) aşılmamıştır.

Diğer taraftan Meriç-Ergene Havzası'nda hava kirleticilerin konsantrasyonları, yıl içerisinde aylara göre de önemli dalgalanmalar gösterir. Atmosfer kirleticilerinden partiküler madde (PM10 ve PM2,5) ortalamaları, yıl içerisinde genellikle soğuk dönemde daha yüksek seyretmiş olup, özellikle PM10 değerleri, yıllık ve kış dönemi sınır değerlerinin ($40\mu\text{g}/\text{m}^3$) üzerine çıkmıştır. PM10 günlük maksimumları da soğuk dönemde artmakta ve istasyonların hepsinde sınır değer ($50\mu\text{g}/\text{m}^3$) aşılmaktadır. PM2,5 aylık ortalamaları ise, Edirne ve Çerkezköy'de sınır değer ($25\mu\text{g}/\text{m}^3$) üzerine çıkmaktadır. Kükürt dioksit aylık konsantrasyonları, Keşan, Tekirdağ, Çerkezköy ve Çorlu'da yine soğuk dönemde daha yüksektir. Diğer istasyonlarda ise, düşük olup, aylar arasında fazla iniş-çıkış göstermez. Kükürt dioksit aylık ortalamaları, soğuk dönemde Keşan, Tekirdağ, Çerkezköy ve Çorlu'da bazı aylarda yıllık ve kış dönemi sınır değerini ($20\mu\text{g}/\text{m}^3$) aşmıştır. Soğuk dönemde ısınma amaçlı evsel yakıt tüketimi, endüstriyel ve trafik gibi diğer kirletici kaynaklara eklendiğinden, kükürt dioksit konsantrasyonu da artmaktadır. Soğuk dönemde maksimumlar sadece Keşan'da Ocak- Nisan arasında, günlük sınır değer ($125\mu\text{g}/\text{m}^3$) üzerindedir. Kirleticilerden Azot oksitlerin (NO_x) aylık ortalamaları ve maksimumları da genellikle soğuk dönemde yüksektir. Edirne ve Çorlu'da sürekli olarak yıllık sınır değer ($30\mu\text{g}/\text{m}^3$) üzerinde seyretmiştir. Keşan, Kırklareli, Lüleburgaz, Tekirdağ ve Çerkezköy'de bazı aylarda, farklı sürelerle yıllık sınır değer aşılmıştır. Ozona ait ortalamalar ve maksimumların yıl içerisindeki dağılışı ise, diğer kirleticilerin aksine sıcak dönemde genellikle yüksek seyretmiş, aylık maksimumlar, Keşan ve Çorlu'da bazı aylarda farklı sürelerle sınır değeri aşmıştır. Havzada azot dioksit (NO_2) konsantrasyonlarının mekânsal dağılışı ve aylık seyri bakımından riskli bölge bulunmamaktadır. Havzada günlük verilere göre limit değeri aşan süre de çoğunlukla yanma dönemi içerisindeki aylarda yükselmektedir. PM10 limit değeri aşan günlerin yıllık toplamı, Lüleburgaz haricindeki istasyonların hepsinde, müsaade edilen süreden (35 gün) çok fazladır. Kükürt dioksit günlük maksimum konsantrasyonlarına göre ise, yalnızca Keşan'da limit değer aşılmıştır. Havzada araştırılan kirleticilerden genellikle yanma döneminde (Ekim- Nisan arası) PM10, PM2,5, SO_2 , NO_x konsantrasyonlarının daha yüksek olması, evsel ısınma amacıyla tüketilen yakıtlara ve olumsuz meteorolojik koşullara da bağlılık gösterdiğinin ifadesidir.

Meriç-Ergene Havzası'nda, hava kirliliği, daha ziyade hızlı nüfuslanma, çarpık kentleşme ve snayileşmeye bağlı gözüktüğünden, evsel ısınmada tüketilen yakıtın kalitesi ve miktarı, sanayi ve motorlu kara taşıtlarına ait emisyonlar belirleyici olmaktadır. Ayrıca, soğuk dönemde olumsuz meteorolojik koşullar ve topografya tarafından da etkilenmektedir. Bu nedenle havzanın hava kalitesinin kontrolü, öncelikle kirleticilere kaynağında müdahaleyi gerektirmektedir. Bunun için yakıt kalitesinin iyileştirilmesi, sanayi ve taşıt emisyonlarının azaltılmasına yönelik gerekli tedbirlerin alınması, diğer taraftan doğal ortam koşulları ile uyumlu yerleşim planlarının hazırlanması, kırsal ve kentsel olarak havza ekosisteminin bütünüyle korunması bir zorunluluktur. Ayrıca hava kalitesi izleme istasyon sayısının artırılarak, düzenli ve yeterli ölçüm parametrelerine dayalı veritabanına ihtiyaç vardır.

Hakem Değerlendirmesi: Dış bağımsız.

Çıkar Çatışması: Yazar, çıkar çatışması olmadığını beyan etmiştir.

Finansal Destek: Yazar, bu çalışma için finansal destek almadığını beyan etmiştir.

Peer-review: Externally peer-reviewed.

Conflict of Interest: The author have no conflicts of interest to declare.

Financial Disclosure: The author declared that this study has received no financial support.

Kaynaklar

- Chew, S., Kolosowska, N., Saveleva, L., Malm, T. & Kanninen, K. M. (2020). Impairment of mitochondrial function by particulate matter: Implications for the brain. *Neurochemistry International*, 135: 104694.
- Cindoruk, S. S. (2018). Havadaki NO ve NO2 parametrelerinin Marmara temiz hava merkezi ölçümleri kapsamında incelenmesi. *Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 7(2), 600-611.
- Darkot, B. & Tuncel, M. (1981). *Marmara Bölgesi coğrafyası*. İstanbul Üniversitesi Yayınları No: 2510.
- DMİGM. (1985). Ortalama ve ekstrem kıymetler meteoroloji bülteni. Ankara.
- Enerji Atlası (<https://www.enerjiatlası.com/dogalgaz-tuketimi>)
- Eriñç, S. (1984). *Ortam ekolojisi ve degredasyonel ekosistem değişiklikleri*. İstanbul Üniversitesi Deniz Bilimleri ve Coğrafya Enstitüsü Yayınları, No: 1.
- Eroğlu, İ. (2022). Çorlu (Tekirdağ) ilçesinde hava kirliliğinin coğrafi açıdan değerlendirilmesi. *Türk & İslam Dünyası Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 9(35), 34-56.
- Eroğlu, İ. (2023). Çerkezköy ve Kapaklı ilçelerinde (Tekirdağ) hava kirliliğinin nedenleri ve kirlilik parametreleri üzerine bir değerlendirme. *Akademik Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 10(66), 256-283.
- Ertürk, F. (2002). Hava kirliliği ve kontrolü ders notları. Yıldız Teknik Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü.
- EU (European Commission), 2019. Air Quality Standard. <https://ec.europa.eu/environment/air/quality/standards.htm>, (Erişim Tarihi: 5 /03/ 2020).
- Evyapan, F. (2008). Hava kirliliğinin solunumsal morbidite ve mortalite üzerindeki etkileri: Türkiye ve Dünya verileri. *Journal of Pulmonary Medicine. Special Topics*, 1(2), 48-60.
- Garipağaoğlu, N. (2002). *Türkiye'de hava kirliliği ve coğrafi esasları*. Arya.
- Garipağaoğlu, N. (2008). Türkiye şehirlerinin hava kalitesinin zamanla değişimine bağlı bir sınıflandırma. 5.Ulusal Coğrafya Sempozyumu. 357-368, Ankara.
- Garipağaoğlu, N. (2012). Meriç-Ergene Havzası su kalitesi üzerinde şehir, sanayi ve ziraat kaynaklı baskılar. Atatürk Üniversitesi Ulusal Coğrafya Sempozyumu, 931-948, Erzurum.
- Garipağaoğlu, N. (2015). *Türkiye ortam sorunları coğrafyası*. (Genişletilmiş ve güncellenmiş 2. Baskı), Yeditepe.
- Garipağaoğlu, N. (2018). Meriç-Ergene Havzası'nın sürdürülebilir planlama ve yönetim kapsamında doğal turizm değerlerinin önemi. IWACT 2018 International West Asia Congress Of Tourism Research 29 Sept – 01 Oct 2018, 741-759, Van- Turkey.
- Garipağaoğlu, N. (2019). Türkiye hava kalitesinin havza tabanlı incelenmesi ve yönetilmesine dair bir öneri. 1. İstanbul Uluslararası Coğrafya Kongresi Bildiri Kitabı, 933-949, İstanbul.

- Garipağaoğlu, N. (2020). Türkiye'nin hava kalitesinin maksimumlar ve limit değerler açısından incelenmesi. *Türkiye'de Coğrafya araştırmaları* içinde (s.186-222). Gazi Kitabevi.
- Gül, İ., Yorulmaz, F., Altınok, A. & Eskiocak, M. (2019). Edirne Merkez İlçede Çevre ve Şehircilik Bakanlığı hava kalitesi izleme istasyonunda ölçülen partiküler madde 10 (pm10) bileşiminin araştırılması. *Türk Dünyası Uygulama ve Araştırma Merkezi Halk Sağlığı Dergisi*, 4(3), 331-342.
- İBB, Çevre Koruma ve Kontrolü Daire Başkanlığı Çevre Koruma Müdürlüğü (<https://havakalitesi.ibb.gov.tr/Icerik/mevzuat/turkiye-standartlari>).
- İnecik, S. (1994). *Hava kirliliği*. İstanbul Teknik Üniversitesi Matbaası.
- Karbuz, İ. (2016). Tekirdağ'da hava kirliliğine coğrafi bakış. *International Journal of Social Science*, 44, 363-376.
- Karpuzcu, M. (1994). *Çevre kirlenmesi ve kontrolü*. Kubbealtı Neşriyatı.
- Kılıç, A., Kum, S., Ünal, A. & Kındap, T. (2014). Marmara Bölgesi'ndeki hava kirliliğinin modellenmesi, kirlilik azaltımı ve maruziyet analizi. *BAÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 16(1), 27-46.
- Kırımhan, S. (2006). *Hava kirliliği ve kontrolü*. Turhan Kitabevi.
- Koç, T. & Tağıl, Ş. (2000). Edirne kent merkezinde hava kalitesi. Geçmişte, Günümüzde ve Gelecekte Trakya (10-12 Haziran 1998), 28. Coğrafya Meslek Haftası, Coğrafya Meslek Haftaları Serisi: 2, İstanbul.
- Özşahin, E., Eroğlu, İ. & Pektezel, H. (2016). Keşan'da (Edirne) hava kirliliği. *Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 36, 83-100.
- Öztürk, M. (2007). Partikül madde kirliliğinin insan sağlığı üzerinde etkisi. Çevre ve Orman Bakanlığı.
- Rai, P. K. (2016). Impacts of particulate matter pollution on plants: Implications for environmental biomonitoring. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 129, 120-136.
- Sarver, T., Al-Qaraghuli, A. & Kazmerski, L. L. (2013). A comprehensive review of the impact of dust on the use of solar energy: History, investigations, results, literature, and mitigation approaches. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 22, 698-733.
- Siyavuş, A. E. (2020). *Tekirdağ şehir coğrafyası*. Gece Kitaplığı.
- T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, Ulusal Hava Kalitesi İzleme Ağı (<https://www.havaizleme.gov.tr>. Erişim tarihi: 04-05-2022).
- T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Hava Kalitesi Bülteni (2011-2014). (<http://www.csb.gov.tr/> Erişim tarihi: 03-02-2016).
- T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği (<https://cygm.csb.gov.tr/yonetmelikler> Erişim Tarihi: 10-5-2021).
- T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Su Yönetimi Genel Müdürlüğü Havza Koruma Eylem Planlarının Nehir Havzası Yönetim Planlarına Dönüştürülmesi İçin Teknik Yardım (<https://www.tarimorman.gov.tr/SYGM/Belgeler/NEH%C4%B0R%20HAVZA%20Y%C3%96NET%C4%B0M%20PLANLARI%2028.12.2022/Meri%C3%A7%20Ergene%20>).
- Tecer, L. H., Tağıl, S., Fıçıcı, M. & Sofuoğlu, S. (2017). Hava kirliliği Ergene Havzası'nı nasıl etkiliyor? VII. Ulusal Hava Kirliliği Ve Kontrolü Sempozyumu, 1-3 Kasım 2017-Antalya.
- Tiwary, A. & Colls, J. J. (2004). Measurements of atmospheric aerosol size distributions by co-located optical particle counters, *Journal of Environmental Monitoring*, 6, 734-739.
- TÜİK, Hava İstatistikleri (1990-2011). (<https://biruni.tuik.gov.tr/cevredagitimapp/hava.zul> Erişim tarihi: 3-4-2008, 10-3-2010).
- TÜİK İl ve ilçelere göre il/ilçe merkezi, belde/köy nüfusu ve yıllık nüfus artış hızı, 2023 (<https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Adrese-Dayali-Nufus-Kayit-Sistemi-Sonuclari-2023-49684>)
- Wei, Y., Zhang, J. J., Li, Z., Gow, A., Chung, K. F., Hu, M., Sun, Z., Zeng, L., Zhu, T., Jia, G., Li, X., Duarte, M. & Tang, X. (2016). Chronic exposure to air pollution particles increases the risk of obesity and metabolic syndrome: findings from a natural experiment in Beijing. *FASEB Journal*, 30, 1-8.
- Zeydan, Ö. (2021). 2019 yılında Türkiye'deki partikül madde (PM10) kirliliğinin değerlendirilmesi. *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 11(1), 106-118.