



## PARTİKÜL MADDE, KARBON MONOKSİT VE KARBONDİOKSİT SEVİYELERİNİN İÇ VE DIŞ ORTAMLARDA DEĞİŞİMİ

Sibel MENTEŞE<sup>1\*</sup>, Osman ÇOTUKER<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Çanakkale, Türkiye

<sup>2</sup> DCD Energy, Marine, Technology, Sarıyer-İstanbul, Türkiye

### Anahtar Kelimeler

Hava Kalitesi,  
İç Ortam Hava Kalitesi,  
Partikül Madde,  
Karbon Dioksit,  
Çanakkale.

### Öz

Bu çalışmada partikül madde (PM), karbondioksit (CO<sub>2</sub>) ve karbon monoksit (CO) seviyeleri farklı özellikteki iç ortamlar (evler) ve eş zamanlı olarak dış ortam havasında 1 yıllık süreyle ölçülmüştür. Çalışma, Çanakkale'nin üç ilçesindeki farklı örnekleme noktalarında aylık bazda yürütülmüştür. Çalışma sonucunda iç ortam hava kalitesinin evden eve farklılık göstermekle beraber, ilçeler arasında da farklılıklar gösterdiği belirlenmiştir. İç ortam havasında ölçülen ortalama PM ve CO<sub>2</sub> seviyeleri azalan seviyelerde, sırasıyla, Çan, Lapseki ve Merkez ilçede değişim göstermiştir. İç ortamda ölçülen ortalama sıcaklık 22 °C ve ortalama bağıl nem seviyesi %49 civarındadır. Ölçümü yapılan parametrelerin (PM, CO ve CO<sub>2</sub>) genel olarak zamansal değişim gösterdiği ve genellikle konsantrasyonların kış aylarında yılın geri kalanına göre daha yüksek olduğu gözlenmiştir. Genel olarak, iç ve dış ortam havasında ölçülen PM, CO ve CO<sub>2</sub> düzeyleri istatistiksel olarak anlamlı aylık değişim göstermiştir ( $p<0,05$ ). Ölçülen hava kalitesi parametreleri için hesaplanan İç ortam/Dış ortam (I/D) oranlarının genel olarak 1'den büyük olması, PM, CO ve CO<sub>2</sub> seviyelerine iç ortam kaynaklarının katkısının önemli olduğuna işaret etmektedir. İç ortamlarda yeterli seviyede havalandırmanın yapılması ile hava sirkülasyonu artırılarak iç ortam kirletici kaynakların etkisinin azaltılması mümkündür.

## VARIATION OF INDOOR AND OUTDOOR PARTICULATE MATTER, CARBON MONOXIDE, AND CARBON DIOXIDE

### Keywords

Air Quality,  
Indoor Air Quality,  
Particulate Matter,  
Carbon Dioxide,  
Çanakkale.

### Abstract

In this study, Particulate matter (PM), Carbon dioxide (CO<sub>2</sub>), Carbon monoxide (CO) levels were measured in different types of indoor environments (homes) and, in parallel, at their outdoors for a year. The study was conducted on a monthly basis at different sampling points of three towns of Çanakkale. According to the study results, indoor air quality varied among the homes as well as the towns of the city. Average values of indoor temperature and relative humidity occurred around 22 °C and 49%, respectively. The mean PM and CO<sub>2</sub> levels measured in indoor air of Çan, Lapseki, and in Central towns, in descending order. Temporal variations were found for the measured parameters (PM, CO, and CO<sub>2</sub>) and, in general, concentrations were higher in winter months than rest of the year. Generally, both indoor and outdoor levels of PM, CO, and CO<sub>2</sub> showed statistically significant monthly variations ( $p<0.05$ ). The indoor CO level was generally measured higher during heating season, whereas it was found to be lower in the summer. The fact that Indoor-to-Outdoor (I/O) ratios, calculated for the measured air quality parameters were above the unity, it indicated that the contribution of indoor sources was important on the PM, CO and CO<sub>2</sub> levels. Therefore, it is possible to reduce the influence of indoor pollutant sources by increasing the air circulation by providing adequate ventilation amount in indoor environments.

\* İlgili yazar / Corresponding author: sibelmentese@gmail.com, +90-286-2180018-20041

**Alıntı / Cite**

Menteşe, S., Çotuker, O., (2021). Partikül Madde, Karbon Monoksit ve Karbon Dioksit Seviyelerinin İç ve Dış Ortamlarda Değişimi, Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi, 9(3), 723-734.

**Yazar Kimliği / Author ID (ORCID Number)**

S. Mentese, 0000-0002-0395-3603  
O. Çotuker, 0000-0001-7486-1258

**Makale Süreci / Article Process**

<b>Başvuru Tarihi / Submission Date</b>	15.10.2020
<b>Revizyon Tarihi / Revision Date</b>	25.01.2021
<b>Kabul Tarihi / Accepted Date</b>	31.01.2021
<b>Yayın Tarihi / Published Date</b>	21.09.2021

**1. Giriş (Introduction)**

Hava kirliliği, gerek dünyada, gerekse ülkemizde sanayi devrimiyle beraber endüstriyel faaliyetlerin artması ve hızlı kentleşme süreci nedeniyle büyük çapta tehdit oluşturmaya başlamıştır (Müezzinoğlu, 2003; Çiçek vd., 2004). İnsanlar zamanlarının büyük bir bölümünü kapalı ortamlarda geçirmektedir. Bu nedenle iç ortam havasının en az dış ortam hava kalitesi kadar halk sağlığı üzerinde çok büyük bir etkisi vardır. İç ortam hava kalitesinin iyileştirilmesi hususunda tasarımcıların, kullanıcıların, yapı malzemesi üreticilerinin vb. bilinçlenmesi gerekmektedir (Menteşe, 2009).

Bu çalışmada partikül madde (PM), karbondioksit (CO<sub>2</sub>) ve karbon monoksit (CO) seviyeleri farklı özellikteki 121 iç ortamda (evler) ve eş zamanlı olarak dış ortam havasında 1 yıllık bir süreyle ölçülerek bu hava kirleticilerin seviyelerinin ve kaynaklarının karşılaştırılması olarak belirlenmesi amaçlanmıştır.

**2. Kaynak Araştırması (Literature Survey)**

Doğal ve insan kaynaklı aktiviteler neticesinde farklı kaynaklardan havaya partikül madde salınımı söz konusu olabilmektedir. Genellikle 10 mikrondan küçük olan partiküller (PM<sub>10</sub>) ile 2,5 mikrondan küçük olan partiküller (PM<sub>2,5</sub>) ölçümü en çok yapılan partikül madde boyutlarıdır. Yanma sonrasında ortaya çıkan sıcak buharın yoğunlaşmasıyla havadaki en ince partiküller oluşur (0,005–0,1µm) ve bunlar kısa sürede tane bağlanmasıyla büyürler. Orta büyüklükteki partiküllerin (0,1-1,0 µm) büyük kısmı ince partiküllerin birleşmesiyle oluşur, geri kalanı ise kimyasal tepkimelerle meydana gelir. Bunlar 1 günle birkaç hafta arasında havada bulunabilirler. Büyük çaplı partiküller (2-100 µm) ise doğal kaynaklar ya da endüstriyel işlemler sonucu oluşur ve havada kalma süreleri birkaç saniye kadardır ve ağırlıklarıyla yer yüzüne inerler (Arı vd., 2008; Turalıoğlu vd., 2008; Özkan, 2009).

İç ortamlarda partikül maddelerin kaynakları dış ortamdan havalandırma sırasında taşınım ek olarak; sigara içimi, yemek pişirme, kapalı ortamda bulunanların hareketleri gibi nedenlerden oluşmaktadır (Menteşe, 2009). Yemek yapma sırasında 0,13-0,25 µm değerleri arasında partikül oluşmaktadır. 3-4,3 µm'lik tozlar ise ev temizliği ve ev içerisindeki hareketler neticesinde oluşmaktadır. Kapalı ortamda PM miktarı içerideki mevcut kaynaklar ve havalandırma ile içeri gelenler ile değişim göstermektedir. Kapalı ortamda ısıtma veya yemek pişirme, sigara kullanımı gibi aktivitelerin olmadığı zamanlarda kişilerin yürüyüşü-temizliği, toz, toprak, deri döküntüleri, mantar sporları, kağıt ve kumaş fiberlerinden oluşup çökelen tozların tekrar ortama yayılmasına sebep olmaktadır (Monn vd., 1997; Luoma ve Batterman, 2001; Fromme vd., 2007). İnce partiküllerin birikim hızları diğer partiküllere göre daha düşüktür.

Havadaki oranı diğer gazlara göre oldukça düşük olan karbon dioksit (CO<sub>2</sub>), atmosferde oran açısından günümüzde 400 ppm düzeyindedir; ancak sera etkisi nedeniyle atmosferdeki CO<sub>2</sub> seviyeleri hızlı bir artış eğilimindedir (Müezzinoğlu, 2000). Doğal solunum ve yanma sonucu ortaya çıkan, yanıcı olmayan, renksiz ve kokusuzdur. Havadaki oranı; karalarda, denizlere göre daha fazladır. Bunun nedeni ise, karadaki yaşamın denizlere göre daha fazla olmasıdır. Her türlü organik maddenin yanma reaksiyonu sonucu havaya salınabilen CO<sub>2</sub> gazı, evsel ısınma, egzoz gazları, endüstriyel tesisler ile güç santrallerinin havaya saldıkları atık gazların içeriğinde mevcuttur. Bunların yanı sıra, volkanlar ve maden suları da atmosfere bir miktar CO<sub>2</sub> salınımı yapmaktadır. Atmosfere salınan CO<sub>2</sub>'nin yaklaşık %85'i fosil yakıtların tüketiminden, geri kalanı ise canlıların solunumu ve mikrobiyal canlıların organik madde ayrıştırmasından ileri gelmektedir (Mitscherlich, 1995). CO<sub>2</sub>, zehirsiz olmasına rağmen, ortamdaki kullanılabilir oksijen miktarını düşürerek oksijensizlikten boğulmaya neden olur. Ortamdaki CO<sub>2</sub> seviyesi 3500 ppm'in üzerine çıktığında solunum gücüyle ilgili sistem üzerinde olumsuz sağlık etkileri gözlenmektedir (ASHRAE, 2003).

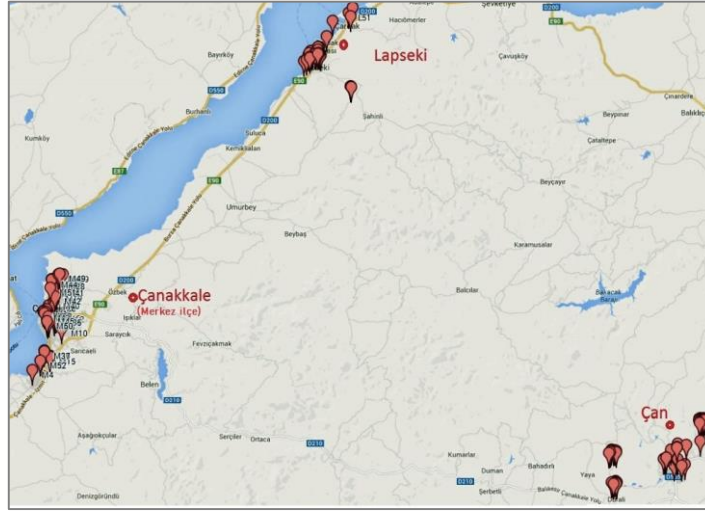
Karbon monoksit (CO), tatsız, renksiz ve kokusuz olan birincil bir hava kirletici gazdır. Karbonlu yakıtların eksik yanması, yani yetersiz oksijenle birlikte yakıtın yakılması sonucu ortaya çıkmaktadır (Masters, 1991). Havada kalış süresi 60 günden fazla olan CO, yıllık 232 milyon tonluk üretim ile atmosfere verdiği zararın boyutu oldukça büyüktür. Yıllık CO üretimine en fazla katkıyı %70'lik paya sahip olan ulaştırma sektörü yapmaktadır (Soylu, 2010). İç ortamlardaki en önemli kaynağı, sigara, ocak ve sobadır. CO seviyesinin ölçümü, yanma verimini

belirlemede ve yakıt türü ile ilişkilendirmede kullanılabilir bir parametredir. Kararlı bir gaz olan CO, sağlık açısından da oldukça tehlikelidir (İncecik, 1994). CO'nun kandaki hemoglobine bağlanması sonucu oksijen taşımamasını engellediği ve dokularda oksijen seviyesinin düşmesine neden olduğu ilk olarak 1857'de fark edilmiştir (Choi, 2001). CO ve PM, kardiyovasküler hastalıklara neden olan ve hastanelere başvuruların yapılmasının nedeni olarak gösterilen en önemli hava kirleticileridir (Schwartz, 1999). CO zehirlenmesinin bazı sonuçları ise; baş ağrısı, nefes sıkışması, mide bulantısı, yüksek dozda maruziyet sonucunda ise koma durumu ve sonunda ölüm olabilmektedir (Weaver vd., 2002).

### 3. Materyal ve Yöntem (Material and Method)

#### 3.1. Çalışma Sahası (Study Site)

Bu çalışmada, Çanakkale'nin 3 farklı ilçesinde Ağustos 2013- Ağustos 2014 ayları arasında 1 yıl boyunca iç ve dış ortam havasında ölçüm yapılmıştır. Bu örnekleme noktalarının seçiminde kara ve deniz trafiğine yakınlık/uzaklık, endüstriyel etkilere yakınlık/uzaklık, kentsel/kırsal özellikte olma gibi özellikler dikkate alınmıştır. Şekil 1'de gösterilen çalışma sahası aşağıdaki gibidir:



Şekil 1. Çalışma bölgesi (Study site)

Merkez ilçesi: Çanakkale boğazına kıyısı bulunmaktadır. Yoğun gemi taşımacılığı, yoğun kara taşıt trafiği, şehir merkezi ve kentsel özelliktedir. Bu ilçenin merkez mahallelerinde toplam 46 evde ölçümler yapılmıştır. Lapseki ilçesi: Çanakkale boğazına kıyısı bulunmaktadır. Yoğun gemi ve göreceli yoğun kara taşımacılık güzergahındadır ve kırsal özelliktedir (TÜİK'e göre nüfusu 10 000'den büyük olduğu için yarı-kentsel olarak sınıflandırılabilir, ancak bölge kırsal özelliktedir). Bu ilçede Çanakkale Boğazı'na paralel güzergahtaki mahallelerde yer alan toplam 36 evde ölçümler yapılmıştır. Çan ilçesi: Denize kıyısı bulunmamaktadır. Kömür işletmeleri, termik santral ve seramik fabrikaları gibi endüstriyel faaliyetler yapılmaktadır ve yarı-kentsel özelliktedir. Bu ilçede Çan ilçe merkezi, Kulfal Köyü, Duralı Köyü ve Yuvalar Köyü'nde toplam 39 evde ölçümler yapılmıştır.

Çalışmaya eksiksiz katılımın yapıldığı aylar her üç ilçede de Ocak ve Şubat ayları olmuştur. Muhtemelen havaların soğuk olması nedeniyle katılımcılar seyahat etmedikleri için bu aylarda tüm ölçüm noktalarında eksiksiz ölçüm yapılabilmektedir. Lokasyonlar açısından bakıldığında, 12 aylık çalışmaya en büyük katılım %98,5'lik oran ile Çan'da sağlanmıştır. Genel olarak çalışmaya nihai katılım oranı yıllık bazda %97,3 gibi yüksek bir orana ulaşmıştır (Menteşe vd., 2015a).

#### 3.2. Ölçüm Yöntemi (Measurement Methods)

121 evde ve dış ortamlarında aylık bazda hava kalitesi ölçümleri 1 yıl süre ile gerçekleştirilmiştir. Ölçümü yapılan parametreler: CO (ppm), CO<sub>2</sub> (ppm), PM, sıcaklık (°C) ve bağıl nem'dir (RH). PM hariç diğer parametreler uygun sensörleri içeren, anlık ölçüm yapan tek bir cihaz ile (Advansedsense, Graywolf) kaydedilmiştir. İç ortam havasında ölçümler evin en çok kullanılan oturma odasında yerden 1,5 m yükseklikte ve odanın ortasından yapılmıştır. Ölçüm yapılan evlere ait detaylı özellikler Menteşe vd. (2015b)'de verilmiştir.

PM sayısı farklı çap aralıklarında (0,3 µm ila 10 µm arasında) ölçüme imkan tanıyan, 6-kanallı ve lazer diyod kaynağına göre çalışan bir cihaz ile ölçülmüştür (Lighthouse, handheld particle counter). Cihazın partikül çap aralıkları şöyledir: 0,3, 0,5, 1,0, 3,0, 5,0 ve 10 µm. Özellikle iç ortam havasında sayıca en fazla 1 µm ve altındaki

partikül çaplarına rastlanması nedeni ile 1 µm ve altındaki partikül konsantrasyonunun da hesaplanmasını sağlayan bu cihaz seçilmiştir.

Ayrıca, çalışma süresince Çevre ve Şehircilik Bakanlığı bünyesinde Çanakkale Merkez, Lapseki ve Çan ilçelerinde kurulmuş olan hava kalitesi izleme istasyonlarına ait PM konsantrasyon verileri de temin edilmiştir.

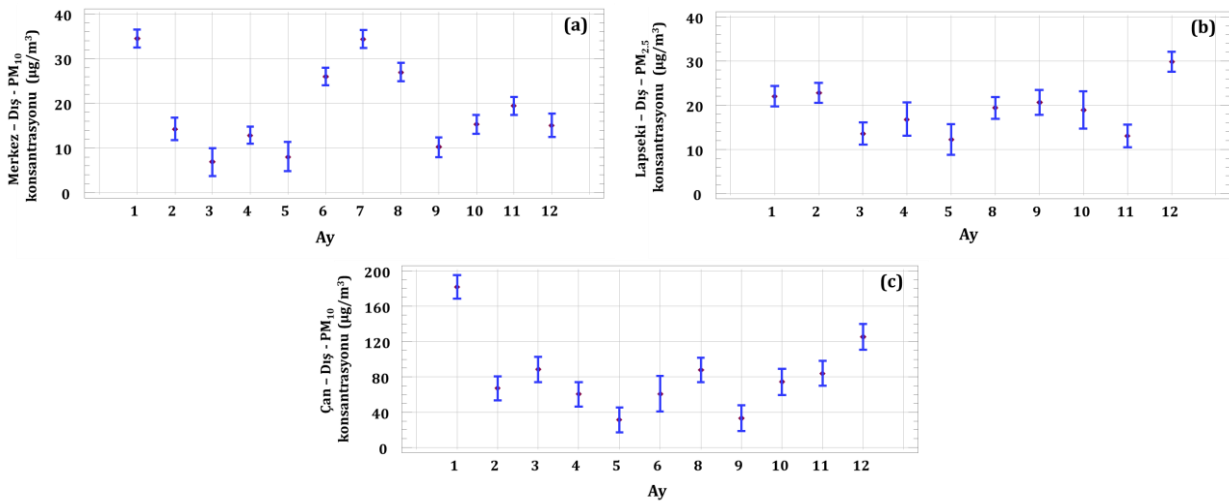
#### 4. Deneysel Sonuçlar (Experimental Results)

##### 4.1. Sıcaklık ve Nem Düzeyleri (Temperature and Humidity Levels)

İç ortamda ölçülen sıcaklık ve nem düzeyleri mevsimsel olarak ve genel olarak ölçüm yapılan evlerde benzerlik göstermiştir: ortalama sıcaklık 22 °C ve ortalama bağıl nem seviyesi %49 civarındadır. Dış ortam havasında ölçülen ortalama sıcaklıkları yaz aylarında 23,8 °C, sonbaharda 16,5 °C, kış aylarında 8,2 °C ve ilkbaharda ise 15,1 °C olarak; nem düzeyleri ise yaz aylarında %60, sonbaharda %68,2, kış aylarında %78,8 ve ilkbaharda %67,6 olarak ölçülmüştür.

##### 4.2. Partikül Madde Seviyeleri (Particulate Matter Levels)

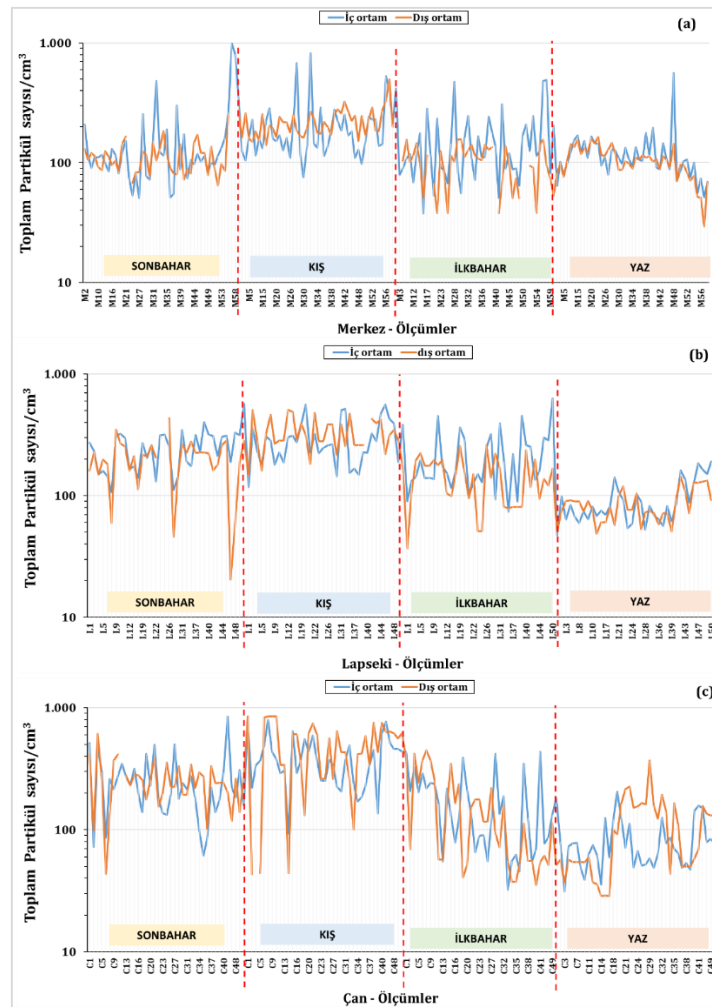
Şekil 2’de hava kalitesi izleme istasyonlarından alınan veriler ışığında, dış ortam havasında ölçülen PM<sub>10</sub> (Merkez İlçe ve Çan) ve PM<sub>2,5</sub> (Lapseki) seviyelerinin değişimi verilmektedir. PM düzeylerinin 3 çalışma sahasında da aylık olarak değişiminin istatistiksel olarak anlamlı olduğu belirlenmiştir ( $p < 0,001$ ). PM<sub>10</sub> seviyeleri açısından kıyaslandığında; Merkez ilçede yıl boyu gözlenen PM<sub>10</sub> seviyelerinin Çan’da gözlenen seviyelerden düşük olduğu görülmektedir. Özellikle ısınma döneminde Çan’da PM<sub>10</sub> konsantrasyonunda belirgin bir artış eğilimi gözlenirken; Merkez ilçede ocak ayı ile haziran-ağustos ayları arasında PM<sub>10</sub> konsantrasyonlarında artış eğilimi gözlenmiştir. Çan’da ısınma periyodunda gözlenen partikül madde seviyesindeki artış, özellikle yerli kömür ve odun kullanıma bağlı olabilir. Merkez ilçede yaz döneminde gözlenen göreceli yüksek partikül seviyeleri ise, Çanakkale ilinin yaz döneminde turistik bir yer olarak ziyaret edilmesine ilaveten, İstanbul-Trakya-Anadolu arasında geçişi sağlayan karayolu ve denizyolu güzergahında olması nedeniyle yaz döneminde artan seyahat yoğunluğu nedeniyle trafik kaynaklı olabileceği düşünülmektedir. Lapseki’de PM<sub>2,5</sub> seviyelerinin ölçülüyor olması; Merkez ve Çan ilçeleri ile partikül madde seviyeleri açısından birbir karşılaştırmaya imkan vermese de; PM<sub>10</sub> seviyesinin bölgelere göre değişse de belli bir miktarının PM<sub>2,5</sub> içerdiği bilinmektedir. Bu açıdan, Merkez ilçe her ne kadar kentsel bölge olarak sınıflandırılmışsa da, Lapseki’deki PM<sub>2,5</sub> seviyelerinin Merkez ilçede ölçülen PM<sub>10</sub> seviyeleriyle paralellik göstermiş olması; aslında Lapseki’de PM<sub>10</sub> ölçümü yapılmış olsa, Merkez ilçeden daha yüksek PM<sub>10</sub> seviyelerine ulaşılabilmesine işaret etmektedir. Lapseki’de yaz döneminde gözlenen PM<sub>2,5</sub> seviyesinin kış döneminde gözlenen seviyelerden biraz daha düşük olarak gözlenmiş olması; partikül kaynağının kış döneminde özellikle ısınma amaçlı katı yakıt kullanımından kaynaklanabileceği sonucunu ortaya çıkarmaktadır.



**Şekil 2.** Hava kalitesi ölçüm istasyonlarında ölçülen PM<sub>2,5</sub> ve PM<sub>10</sub> konsantrasyonunun (● ortalama ve I: %95 güven aralığı) dış ortam havasında a) Merkez ilçe, b) Lapseki ve c) Çan’da aylık değişimi (µg/m<sup>3</sup>) (Monthly distributions of ambient air levels (I: 95% confidence interval of the mean (●)) of PM<sub>2,5</sub> and PM<sub>10</sub> at the air quality monitoring stations in a) Central town, b) Lapseki, and c) Çan (µg/m<sup>3</sup>))

İç ortamda ölçülen partiküllerin boyut dağılımları incelendiği ilçe bazında ve iç veya dış ortamda ölçümlerine bağlı olmadan 0,3 mikrondan küçük partiküler maddenin ( $PM_{0,3}$ ) sayısının toplam PM sayısında baskın olduğu görülmüştür.  $PM_{0,3}$  miktarının toplam PM sayısına (0,3-10 mikron) oranının ( $PM_{0,3}/\text{top PM}$ ), her üç ölçüm sahasına ait iç ve dış ortam ölçümlerinde %90 civarında olduğu belirlenmiştir.

Toplam PM sayısının iç ve dış ortamlarda aylık değişimi ( $\text{tane}/\text{cm}^3$ ) Şekil 3'te verilmiştir. İç ve dış ortam havasında ölçülen toplam PM sayısının 3 çalışma sahasında da aylık olarak değişiminin istatistiksel olarak anlamlı olduğu belirlenmiştir ( $p < 0,001$ ). Buna göre, toplam PM sayısı  $10^2$  ila  $10^3$  partikül/ $\text{cm}^3$  arasında değişim göstermektedir. Şekil 3'e göre, genel olarak dış ortam havasında en yüksek toplam PM seviyeleri kış aylarında ve en yüksek toplam PM seviyesi ise ocak ayında gözlenirken; en düşük toplam PM seviyeleri genel olarak ilkbahar ve yaz aylarında gözlenmiştir. Dış ortam havasında en yüksek toplam PM seviyesi ocak ayında Çan'da gözlenmiştir. Isınma amaçlı yakıt tüketimi açısından katılımcıların yaşadığı ilçelere bakıldığında; Merkez ilçede büyük oranda doğalgaz kullanımının olduğu; Lapseki'de başlıca odun ve Çan'da ise odun ve kömür kullanımının daha yaygın olduğu bilinmektedir. Her ne kadar sadece doğalgaz abone oranları ve doğalgaz tüketim verilerinin temin edilebilmiş olması ve odun ile kömür tüketim verilerine ulaşılamamış olmasına karşın; Merkez ilçede birincil ısınma amaçlı yakıt olarak büyük oranda doğalgaz ve daha sonra az oranda linyit ve diğer yakıtlar kullanılırken; Lapseki'de odun ve kömür tüketiminin daha baskın olduğu; Çan'da ise lokal kömür tüketiminin daha yaygın olduğu yapılan çalışmalar sonucunda tespit edilmiştir. Bu nedenle, Lapseki ve Çan'da genel olarak ısınma periyodunda dış ortam havasında daha yüksek PM seviyeleri ölçülmüş olabilir. Bu sonuçlar, hava kalitesi izleme istasyonlarından elde edilen PM sonuçları ile de uyumludur (bkz. Şekil 2).



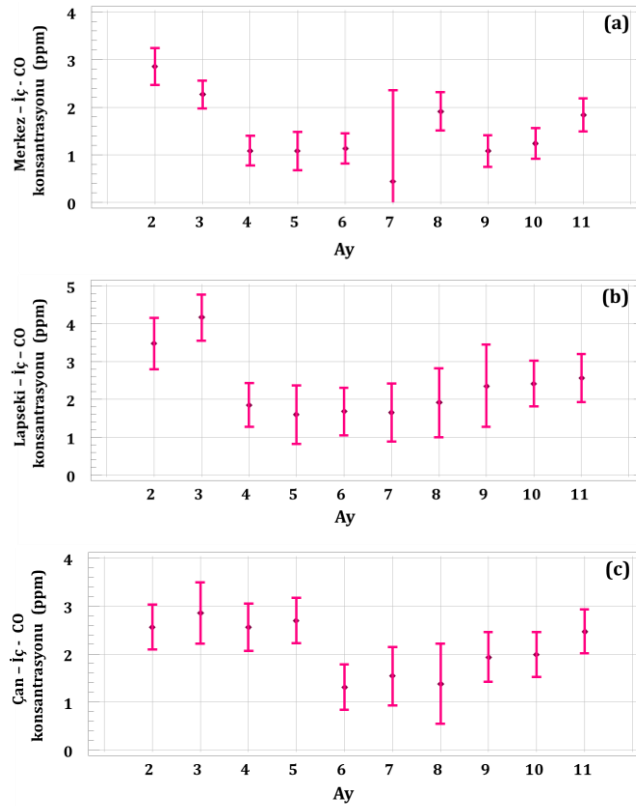
**Şekil 3.** İç ve dış ortam havasında ölçülen toplam partikül madde sayısının ( $\text{sayı}/\text{cm}^3$ ) a) Merkez ilçe, b) Lapseki ve c) Çan'da Bulunan Örnekleme Noktalarında Mevsimsel Değişimi (logaritmik ölçekte verilmiştir) (Indoor and outdoor air concentrations of total particulate matter number ( $\text{number}/\text{cm}^3$ ; in log-scale) measured at a) Central town, b) Lapseki, and c) Çan)

Merkez'de iç ortam havasında gözlenen toplam PM seviyesi aylık bazda büyük varyasyona sahip iken; Çan ve Lapseki'de benzer aylık değişimler gözlenmiştir. Genel olarak iç ortamlarda en yüksek toplam PM seviyeleri kış aylarında; en düşük toplam PM seviyeleri ise yaz aylarında gözlenmiştir. Yaz aylarında havalandırma oranının

artmasıyla ev havasındaki tozların halı ve yer kaplaması gibi yüzeylere çökmek suretiyle kuru çökeltme mekanizmasıyla havadaki oranının azalması mümkündür. Ayrıca kış döneminde atmosfer sıcaklığının düşmesiyle azalan havalandırma oranlarına ilaveten, ısınma amaçlı yakıt tüketimi ve havaların soğuk olmasıyla insanların ev içerisinde daha uzun vakit geçirmeleri sonucunda insan aktivitelerinin de katkısı olmuş olabilir.

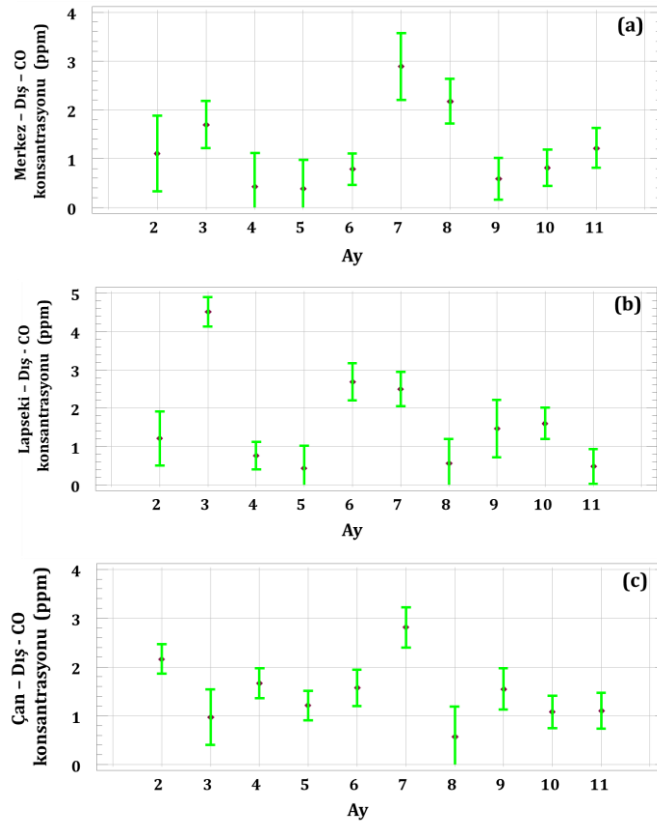
### 4.3. Karbon monoksit Seviyeleri (Carbon Monoxide Levels)

İç ve dış ortam havasında ölçülen CO seviyesinin (ppm) aylık değişimi, sırasıyla Şekil 4 ve Şekil 5'te verilmektedir. İç ve dış ortam havasındaki CO düzeylerinin 3 çalışma sahasında da aylık olarak değişiminin istatistiksel olarak anlamlı olduğu belirlenmiştir ( $p < 0,05$ ). Şekil 4'e göre, iç ortamda ölçülen CO seviyesinin genel olarak ısınma döneminde daha yüksek olduğu; yaz döneminde ise daha düşük olduğu görülmektedir. Isınma döneminde Lapseki'de iç ortam havasında gözlenen CO seviyesinin, aynı dönemlerde Merkez ve Lapseki ilçelerinde gözlenen CO seviyelerinden daha yüksek olduğu görülmektedir. Lapseki'de yaşayan katılımcıların büyük bir kısmı çiftçi ailesidir ve kış döneminde tarlada çalışma imkanları olmadıkları için vakitlerinin büyük bir bölümünü evde geçirmektedirler. Ayrıca, ısınma amaçlı yakıt tüketimi açısından Lapseki'de odun ve kömürün en temel yakıtlar olması Lapseki'de ısınma döneminde ölçülen göreceli daha yüksek CO seviyesini açıklamaktadır.



**Şekil 4.** Karbon monoksit (CO) konsantrasyonunun (● ortalama ve I: %95 güven aralığı) iç ortam havasında a) Merkez ilçe, b) Lapseki ve c) Çan'da Bulunan Örnekleme Noktalarında aylık değişimi (ppm) (Monthly distributions of indoor CO levels (I: 95% confidence interval of the mean (●); ppm) a) Central town, b) Lapseki, and c) Çan)

Şekil 5'te dış ortam havasında ölçülen CO seviyesinin aylık değişimi verilmektedir. Merkez ilçede dış ortam havasında ölçülen CO seviyesi, Lapseki ve Çan'da dış ortam havasında ölçülen CO seviyesinden belirgin olarak düşük gözlenmiştir. Merkez ilçede özellikle ısınma döneminde ısınma amaçlı olarak doğalgaz kullanımının yaygın olması; odun ve yerli linyit kullanımının daha yaygın olduğu Lapseki ve Çan'da ölçülen CO seviyelerinden daha düşük olmasını açıklamaktadır. Çan ve Lapseki'de yaz döneminde de yüksek CO seviyelerinin ölçüldüğü de dikkat çekmektedir. Çan'da yer alan linyit bazlı termik santral ile kömür ocaklarındaki yangınların yaz dönemi CO seviyesine katkısı olabileceği düşünülmektedir. Lapseki ise, Ankara-Bursa-Çanakkale-Balıkesir-İzmir güzergahı üzerindeki otoyola çok yakın konumdadır. Özellikle yaz döneminde bu yolun turizm amaçlı olarak seyahat eden yolcular tarafından yoğun bir şekilde kullanılmasının CO seviyesine katkısı olabileceği düşünülmektedir.

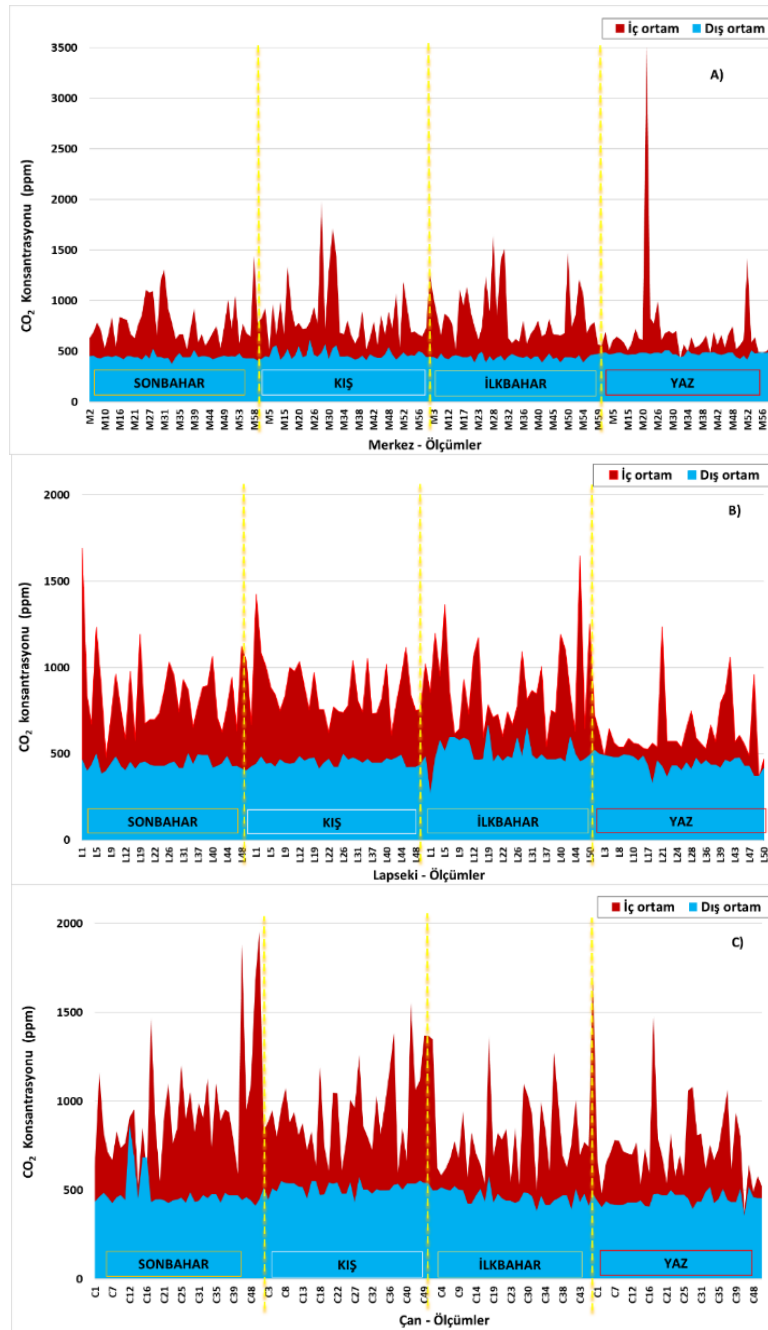


**Şekil 5.** Karbon monoksit (CO) konsantrasyonunun (● ortalama ve I: %95 güven aralığı) dış ortam havasında a) Merkez ilçe, b) Lapseki ve c) Çan'da aylık değişimi (ppm) (Monthly distributions of outdoor CO levels (I: 95% confidence interval of the mean (●); ppm) a) Central town, b) Lapseki, and c) Çan)

#### 4.4. Karbondioksit Seviyeleri (Carbon dioxide Levels)

İç ve dış ortam havasında ölçülen Karbondioksit (CO<sub>2</sub>) seviyesinin (ppm) aylık değişimi Şekil 6'da verilmektedir. İç ve dış ortam havasında ölçülen CO<sub>2</sub> düzeylerinin aylık değişimi istatistiksel olarak anlamlıdır (Çan'da iç ortam havasındaki CO<sub>2</sub> düzeyleri hariç). Buna göre, iç ortamda ölçülen CO<sub>2</sub> seviyesinin genel olarak ısınma döneminde daha yüksek olduğu; yaz döneminde ise daha düşük olduğu görülmektedir. Atmosfer sıcaklığının yüksek olduğu dönemlere kıyasla ısınma döneminde çeşitli faktörler iç ortam havasındaki CO<sub>2</sub> düzeyleri üzerinde etkili olabilmektedir: *i*) evlerde ısı tasarrufu amacıyla havalandırmanın daha az olması, *ii*) dış hava sıcaklığı düşük olması nedeniyle insanların vakitlerinin daha büyük bir kısmını ev ortamında geçirmesi ve *iii*) soba kullanan evlerde katı yakıt kullanımı neticesinde ilave olarak CO<sub>2</sub>'nin oluşması. İç ortamlarda ölçülen CO<sub>2</sub> konsantrasyon ortalaması genel olarak 1200 ppm'in altındadır; ancak bazı ölçüm noktalarında bazı aylarda 2000 ppm'in üzerinde CO<sub>2</sub> seviyeleri de gözlenmiştir. CO<sub>2</sub> seviyesinin yüksek olması havalandırma miktarının yeterli olup olmamasına ilaveten, ortamdaki kişi sayısının fazla olduğuna da işaret etmektedir. Havalandırmanın az yapıldığı ısınma döneminde iç ortam havasındaki CO<sub>2</sub>'nin kaynağı olarak insan ve/ya evcil hayvan varlığı ve kullanılan yakıtı bağlı olarak ısınma aktivitesi gösterilebilirken; yaz döneminde ölçülen göreceli yüksek sayılabilecek (>1000 ppm) CO<sub>2</sub> seviyesi ise ortamın havalandırma miktarının daha fazla olduğu durumda, insan/hayvan varlığına bağlanabilir (Mentese vd., 2009). Kış döneminde Çan'da ölçülen iç ortam CO<sub>2</sub> seviyesi, Lapseki ve Merkez'de ölçülen seviyelerden biraz daha yüksektir. Çan'da yerli kömür kullanımına bağlı olarak özellikle soba kullanılan evlerde iç ortamlarda CO<sub>2</sub> seviyesinin yükseldiği düşünülmektedir.

Ölçüm yapılan ilçelerde ölçülen dış ortam CO<sub>2</sub> seviyeleri 1000 ppm'in altındadır. En yüksek dış ortam CO<sub>2</sub> seviyelerinin Lapseki'de Mart ayında geniş bir aralıkta (yaklaşık 450-850 ppm) değiştiği gözlenmiştir. Çanakkale Zaferi'nin yıldönümü için Mart ayında özellikle karayolu ile Gelibolu yarımadasını ziyaret etmek için Lapseki'den geçen karayolu üzerinden çok sayıda yerli turist'in seyahat etmesi CO<sub>2</sub> seviyesine katkı sağlamış olabilir. Bunun haricinde genel olarak dış ortam CO<sub>2</sub> seviyesi tüm ölçüm ilçelerinde dar bir aralıkta değişim gösterdiği için belirgin bir aylık değişim eğiliminden bahsetmek pek mümkün değildir.



Şekil 6. İç ve dış ortam havasında ölçülen CO<sub>2</sub> konsantrasyonunun (ppm) a) Merkez ilçe, b) Lapseki ve c) Çan'da bulunan örnekleme noktalarında mevsimsel değişimi (Monthly distributions of indoor and outdoor CO<sub>2</sub> levels (ppm) measured at the sampling points located a) Central town, b) Lapseki, and c) Çan)

#### 4.5. Ölçümü Yapılan Hava Kalitesi Parametrelerinin İç/Dış Ortam (İ/D) Oranların (Indoor-to-Outdoor (I/O) Ratios of the Measured Air Quality Parameters)

Tablo 1’de çalışma sahasında ölçülen hava kalitesi parametrelerine ait İ/D oranlarının aylık değişimleri ortalama değer cinsinden verilmiştir. Buna göre; İ/D oranı ortalama değer olarak Merkez ilçede tüm aylarda CO<sub>2</sub> ve CO açısından 1’den büyük olarak; toplam PM seviyeleri açısından ise sadece ocak ayında 1’den küçük olarak gözlenmiştir. Lapseki’de İ/D oranı ortalama değer olarak tüm aylarda CO<sub>2</sub>, toplam PM konsantrasyonları açısından 1’den büyük olarak; CO seviyeleri açısından ise sadece şubat ayında 1’den biraz küçük olarak gözlenmiştir. Çan’da İ/D oranı ortalama değer olarak tüm aylarda CO<sub>2</sub>, CO, konsantrasyonları açısından 1’den büyük olarak; toplam PM seviyeleri açısından ise sadece ocak ayında 1’den küçük olarak gözlenmiştir.



**Tablo 1.** Hava Kirlenici Parametreleri Açısından İ/D Oranlarının Aylık Değişimi  
(Monthly variation of I/O ratios of the air pollutants)

Ay	CO <sub>2</sub> seviyesi İ/D oranı			CO seviyesi İ/D oranı			Toplam PM sayısı İ/D oranı		
	M	L	Ç	M	L	Ç	M	L	Ç
1	1,75	1,85	1,66	NA	NA	NA	0,85	1,11	0,52
2	<b>1,94</b>	1,87	1,87	2,35	0,93	4,21	1,92	1,43	1,64
3	1,89	<b>2,28</b>	1,68	2,27	1,14	3,4	1,67	1,91	<b>2,98</b>
4	1,68	1,75	1,78	3,54	2,65	2,78	1,31	<b>2,18</b>	2,33
5	1,47	1,64	<b>3,19</b>	2,47	3,08	4,01	1,67	2,04	1,17
6	1,34	1,24	2,01	1,31	1,23	2,49	1,32	1,05	2,04
7	1,25	1,25	1,15	<b>5,5</b>	2,33	1,42	1,26	1,26	1,14
8	1,91	1,53	1,58	3,65	1,22	2,62	1,27	1,21	1,12
9	1,33	1,74	1,92	2,78	3,69	2,76	1,57	1,34	2,15
10	1,75	2,05	1,81	2,6	3,81	3,34	1,16	1,87	1,1
11	1,92	1,93	2,44	1,51	<b>7,05</b>	<b>4,31</b>	<b>5,03</b>	1,25	1,63
12*	1,81	NA	2,04	NA	NA	NA	1,38	NA	1,48

\*Bu ayda yapılan ölçümlerde sürekli olarak yağmur yağdığı için dış hava ölçümlerinin çoğunun yapılmadığı durumlarda İ/D oranı hesaplanmamıştır.

Not: En yüksek İ/D oranlarının gözlemlendiği aylar koyu olarak gösterilmiştir; NA: yeterli veri mevcut değil; M: Merkez ilçe, L: Lapseki, Ç: Çan.

## 5. Sonuç ve Tartışma (Result and Discussion)

PM<sub>10</sub> seviyeleri açısından kıyaslandığında; Merkez ilçede yıl boyu gözlenen PM<sub>10</sub> seviyelerinin Çan'da gözlenen seviyelerden düşük olduğu görülmektedir. Özellikle ısınma döneminde özellikle lokal kömür ve odun kullanıma bağlı olarak Çan'da PM<sub>10</sub> konsantrasyonunda belirgin bir artış eğilimi gözlenirken; Merkez ilçede artan seyahat yoğunluğu nedeniyle trafik kaynaklı yaz ayları boyunca PM<sub>10</sub> konsantrasyonlarında artış eğiliminin gözlenmiştir. Lapseki'de yaz döneminde gözlenen PM<sub>2.5</sub> seviyesinin kış döneminde gözlenen seviyelerden biraz daha düşük olarak gözlenmiş olması; partikül kaynağının kış döneminde özellikle ısınma amaçlı katı yakıt kullanımından kaynaklanabileceği sonucunu ortaya çıkarmaktadır. Türkiye'nin Güney'inde yer alan illerde yapılan bir çalışmada PM<sub>10</sub> düzeylerinin trafik ve endüstriyel faaliyetlerden kaynaklandığı belirlenmiştir (Tepe ve Doğan, 2019).

0,3 mikrometreden küçük partiküllerin (PM<sub>0.3</sub>) miktarının toplam PM miktarına (0,3-10 mikron) oranının (PM<sub>0.3</sub>/top PM), her üç ölçüm istasyonuna ait iç ve dış ortam ölçümlerinde %90 civarında olduğu görülmüştür. Son zamanlarda hava ortamında bulunan küçük boyuttaki partiküller özellikle sağlık etkilerinin, daha büyük olan partiküllere (Ör: PM<sub>10</sub>) göre daha önemli olması nedeniyle dikkat çeken ve yeni çalışmalara dahil edilen bir husus olmuştur (Menteşe, 2009). Bu çalışmada da hava ortamındaki partiküllerin miktar açısından büyük bir kısmının 0,3 mikron gibi düşük boyuttaki partiküllerden oluşması önemlidir.

İç ortamdaki partiküllerin genel olarak iki kaynağının olduğu bilinmektedir; bunlar iç ortam aktiviteleri ve dış ortamdaki taşıyım. Hangi kaynağın daha baskın olduğunu belirleyen faktörler; hava-değişim oranı, dış ortam PM seviyesi, iç ortam aktiviteleri, ortama atılan partiküllerin aerodinamik çapları olarak sıralanabilir (Wallace, 1996; Long vd., 2000; Branis vd., 2005). İç ortamda sigara içimi, ısıtma veya yemek pişirme gibi toz yayıcı bir aktivitenin gerçekleşmediği durumda kişilerin aktiviteleri (yürümek, temizlik yapmak gibi), toz, toprak, deri döküntüleri, mantar sporları, kağıt ve kumaş liflerinden oluşup çökelen tozların tekrar ortama yayılmasına sebep olmaktadır (Monn vd., 1997; Luoma ve Batterman, 2001; Fromme vd., 2007). Özellikle yemek pişirmenin sıklıkla yapıldığı evlerde yapılan bir çalışmada 7 ila 600 nm arasındaki aerosollerin gözlemlendiği (Hussein vd., 2005); başka bir çalışmada ise 40 nm'den küçük çaplardaki aerosollerin sayılarının yüksek olduğu saptanmıştır (Fortmann vd., 2001).

Partiküllerin iç ortam yüzeylerine çökme hızını etkileyen en önemli faktörün havalandırma olduğu birçok çalışma ile belirlenmiştir (Jamriska vd., 2000; Wallace vd., 2004). Ofis ortamlarında, havalandırmanın etkisi ile mikron-altı partikül konsantrasyonlarında azalma sağlandığı tespit edilmiştir (Jamriska vd., 2000). Fromme vd. (2007) tarafından Almanya'da sınıflarda yapılan bir çalışmada, kışın artan PM seviyesinin yetersiz havalandırma sonucu oluştuğu; öğrencilerin fiziksel aktivitelerinin çökelen tozların havalanmasında önemli rol oynadığı tespit edilmiştir.

İç ortamda ölçülen CO seviyesinin genel olarak ısınma döneminde daha yüksek olduğu; yaz döneminde ise daha düşük olduğu belirlenmiştir. Merkez ilçede dış ortam havasında ölçülen CO seviyesi, Lapseki ve Çan'da dış ortam havasında ölçülen CO seviyesinden belirgin olarak düşük gözlenmiştir. Merkez ilçede özellikle ısınma döneminde ısınma amaçlı olarak doğalgaz kullanımının yaygın olması; odun ve kömür kullanımının daha yaygın olduğu Lapseki ve Çan'da ölçülen CO seviyelerinden daha düşük olmasını açıklamaktadır. Özellikle yoğunluğun yaşandığı dönemlerde, trafiğin de göz ardı edilmeyecek bir CO kaynağı olduğu düşünülmektedir. Amerikan Çevre Koruma Ajansı (US EPA), iç ortamdaki kirleticilerin ortamdaki yaşam kalitesini doğrudan etkilediğini vurgulayarak tavsiye olarak yayınladığı standartta, Karbon monoksit parametresi için iç ortamda müsaade edilen maksimum konsantrasyon 9 ppm olarak verilmiştir (US EPA, 2001). Ölçüm yapılan evlerde ortalama değer açısından bu değer aşılmasa da, bazı aylarda bu seviyeye yaklaşık değerler gözlenmiştir. Metin vd. (2011) yaptıkları çalışmada, 2010 yılında ülkemizde 10154 kişinin CO zehirlenmesi şikayeti ile hastanelere başvurduğunu belirtmiştir. Bu vakaların 39'u ölümlerle sonuçlanmıştır. Zehirlenme sıklığı yaklaşık yüz binde 14, ölüm sıklığı ise on milyonda 5 kişi olarak saptamışlardır (Metin vd., 2011). Edirne'deki dokuma faaliyetini sürdüren bir işletmede yapılan bir çalışmada, kapalı ortam hava kalitesinin çalışan kişilerin sağlığına olan etkileri araştırılmıştır. Farklı üretimlerin yapıldığı 9 departmanda ölçümler yapılmış ve kişilerden anket yoluyla kişisel sağlık problemleri hakkında bilgiler alınmıştır. CO seviyelerinin Dünya Sağlık Örgütü ve US EPA'nın tavsiye ettiği 8 saatlik maruziyet değeri olan 9 ppm'in üzerinde olduğu gözlenmiştir. Çalışanlar üzerinde yapılan anketler sonucunda öksürük, nefes darlığı, uyuklu durum, göz problemleri, baş ağrısı, stres ve dikkatsizlik gibi şikayetler ile karşılaşmıştır (Motör, 2011).

İç ortamlarda ölçülen CO<sub>2</sub> konsantrasyon ortalaması genel olarak 1200 ppm'in altındadır; ancak bazı ölçüm noktalarında bazı aylarda 2000 ppm'in üzerinde CO<sub>2</sub> seviyeleri de gözlenmiştir. İç ortam havasındaki CO<sub>2</sub> seviyesi; ortamın havalandırma oranının yeterli olup olmadığını gösteren bir indikatör olarak da değerlendirilmektedir. CO<sub>2</sub> seviyesinin yüksek olmasını sağlayan diğer bir etken ise insan/hayvan varlığıdır. CO<sub>2</sub>; solunum sonrasında biyo-çıkıtı olarak canlı bünyesinden ortam havasına verildiği için; CO<sub>2</sub> seviyesinin yüksek olması havalandırma miktarına ilaveten, ortamdaki kişi sayısının fazla olduğuna da işaret etmektedir (Menteşe vd., 2009). Havalandırmanın az yapıldığı ısınma döneminde iç ortam havasındaki CO<sub>2</sub>'nin kaynağı olarak insan/hayvan varlığı ve kullanılan yakıtı bağlı olarak ısınma ısınma aktivitesi gösterilebilirken; yaz döneminde ölçülen göreceli yüksek sayılabilecek (>1000 ppm) CO<sub>2</sub> seviyesi ise ortamın havalandırılma miktarı fazla olduğu durumda insan/hayvan varlığına bağlanabilir. CO<sub>2</sub> seviyesi, havalandırmanın yeterli olup olmadığını gösteren önemli bir indikatördür (Menteşe, 2009; Heudorf vd., 2009). CO<sub>2</sub> seviyelerinin binalarda nasıl olması gerektiğine yönelik yayınlanan bir standartta %15 memnuniyetsizliğe dış ortam CO<sub>2</sub> seviyesinin yaklaşık 460 ppm üstünde; %20 memnuniyetsizliğe dış ortam CO<sub>2</sub> seviyesinin yaklaşık 660 ppm üstünde ve %30'luk memnuniyetsizliğe ise dış ortam CO<sub>2</sub> seviyesinin yaklaşık 1190 ppm üstünde olması durumunda neden olduğu belirtilmektedir (CEN, 2004; Olesen, 2004). Genellikle 1000 ppm üzeri CO<sub>2</sub> ölçüldüğü zaman ortam havasının kabul edilebilir kalitede olamayacağı ve yetersiz havalandırıldığı sonucuna varılmakta; ancak 1000 ppm'in altında olması durumunda da ortam havasının sağlık açısından yeterli kalitede olduğunu garanti etmemektedir (Apte vd., 2000; Seppanen vd., 1999). Bulut (2012), konut, ofis ve sınıflarda yaptığı bir çalışmada, CO<sub>2</sub> miktarının iç ortam hava kalitesinde belirleyici bir etken olduğunu tespit etmiş ve CO<sub>2</sub> miktarına göre havalandırma yapıldığında enerji tasarrufunun da olacağını vurgulamıştır (Bulut, 2012). Yüksek doluluk oranına sahip olan dersliklerde oldukça yüksek CO<sub>2</sub> değerlerinin gözlemlendiği başka bir çalışmada, doğal havalandırmanın yetersiz olduğu belirlenmiştir (Yurdakul vd., 2019).

İ/D oranı genel olarak ölçümü yapılan CO<sub>2</sub>, CO ve PM açısından 1'den büyük olarak bulunmuştur. İ/D oranının 1'den büyük olduğu aylarda ölçülen hava kalitesi parametreleri için baskın olan kirletici kaynağın iç ortam olduğunu ve genellikle insan, hayvan ve bitki varlığının/aktivitelerinin en temel kaynaklar olduğu; İ/D oranının 1'den küçük olduğu aylarda ise baskın olan kirletici kaynağın dış ortam olduğunu söylemek mümkündür (Menteşe vd., 2009; 2012a,b; 2015b; Menteşe ve Tasdibi, 2015; Kalogerakis vd., 2005). Bu nedenle, iç ortamlarda yeterli seviyede havalandırmanın yapılması ile hava sirkülasyonu artırılarak iç ortam kirletici kaynakların etkisinin azaltılması mümkündür.

### **Teşekkür (Acknowledgement)**

Bu çalışma TÜBİTAK tarafından 112Y059 numaralı proje ile kısmen desteklenmiştir.

### **Çıkar Çatışması (Conflict of Interest)**

Yazarlar tarafından herhangi bir çıkar çatışması beyan edilmemiştir. No conflict of interest was declared by the authors.

**Kaynaklar (References)**

- Apte, G., Fisk, J., Daisey, J., 2000. Associations Between Indoor (CO<sub>2</sub>) Concentrations and Sick Building Syndrome Symptoms in Us Office Buildings: an Analysis of the 1994-1996 Base Study Data (Lbnl 44385). *Indoor Air*, 10, 246-257.
- Arı, A., Argante, J., Meliefst, K., 2008, İskenderun ve Payas'ta Atmosferik PM<sub>10</sub> ve PM<sub>2.5</sub> Derişimlerinin İncelenmesi. Hava Kirliliği ve Kontrolü Ulusal Sempozyumu. 22-25 Ekim 2008, Hatay.
- ASHRAE, 2003. Ashrae HandbookCD, 2001 Fundamentals. Chapter 9: Indoor Environmental Health, Atlanta, USA.
- Branis, M., Rezáčová, P., Domasová, M., 2005, The Effect of Outdoor Air and Indoor Human Activity on Mass Concentrations of PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub> and PM<sub>1</sub> in a Classroom. *Environmental Research* 99, 143-49.
- Bulut, H., 2012. Havalandırma ve İç Hava Kalitesi Açısından CO<sub>2</sub> Miktarının Analizi. *Tesisat Mühendisliği Dergisi*. Sayı 128 - Mart/Nisan 2012.
- CEN, 2004. Ventilation for non-residential buildings systems. EN 13779, Brussel.
- Choi, S., 2001. CO Poisoning: Systemic Manifestations and Complications. *J.Korean Med. Sci*, 16(3), 253-261.
- Çiçek, İ., Türkoğlu, N. Gürgen, G., 2004, Ankara'da Hava Kirliliğinin İstatistiksel Analizi. *Fırat Üni. Sosyal Bilimler Dergisi*, 14, 1-18.
- Fortmann, R., Kariher, P., Clayton, R. 2001, Indoor Air Quality: Residential Cooking Exposures, State of California Air Resources Board (CARB), 97330.
- Fromme, H., Dietrich, S., Twardelle, D., Heitmann, D., Schiert, R., Liebl, B., Rüden, H., 2007, Particulate Matter in The Indoor Air of Classrooms-Exploratory Results from Munich and Surrounding. *Atmospheric Environment* 41, 854-66.
- Heudorf, U., Neitzert, V., Spark J., 2009, Particulate Matter and Carbon Dioxide in Classrooms - The Impact Of Cleaning And Ventilation. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, 212(1), 45-55.
- Hussein, T., Dal Maso, M., Petäjä, T., Koponen, I.K., Paatero, P., Aalto, P., Hämeri, K., Kulmala, M. 2005. Evaluation of an automatic algorithm for fitting the particle number size distributions, *Boreal Environment Research*, 10, 337-355.
- İncecik, S., 1994. Hava Kirliliği Kitabı, İstanbul Teknik Üniversite Yayınları, s. 26-41.
- Jamriska, M., Morawaska, L., Clark, B.A. 2000. Effect of Ventilation and Filtration on Submicrometer Particles in an Indoor Environment, *Indoor Air*, 10, 19-26.
- Kalogerakis, N., Paschali, D., Lekaditis, V., Pantidou, A., vd. 2005. Indoor Air Quality—Bioaerosol Measurements in Domestic and Office Premises, *J Aerosol Sci*, 36 (5-6), 751-761.
- Kırımhan, P. D. 2006. Hava Kirliliği ve Kontrolü. Ankara: Turhan Kitabevi.
- Long, C., Sulh H., Koutrakis P., 2000. Characterization of Indoor Particle Sources Using Continuous Mass and Size Monitors. *Journal of the Air&Waste Management Association* 50, 1236-50.
- Luoma, M., Batterman, S., 2001. Characterization of Particulate Emissions from Occupant Activities in Offices. *Indoor Air*, 11:35-48
- Masters, G.M., 1991. Introduction to Environmental and Science. Prentice Hall International Editions.
- Mentese, S., Arısoy, M., Rad, A., Güllü, G. 2009, Bacteria and Fungi Levels in Various Indoor and Outdoor Environments in Ankara, Turkey. *CLEAN-Soil, Air, Water*, 37(6), 487-493.
- Mentese, S., Mirici, N.A., Otkun, M.T., Bakar, C., Cevizci, S., Elbir, T., Palaz, E., Tasdibi, D., Cotuker, O. 2015a, Çanakkale İli Hava Kalitesinin Organik, İnorganik ve Mikrobiyolojik Kirlilik Düzeyinin Kronik Solunum Hastalıkları ile İlişkisi", TÜBİTAK Projesi Final raporu.
- Mentese, S., Mirici, N.A., Otkun, M.T., Bakar, C., Palaz, E., Tasdibi, D., Cevizci, S., Cotuker, O. 2015b. Association between respiratory health and indoor air pollution exposure in Çanakkale, Turkey", *Building and Environment*, 93(1), 72-83.
- Mentese, S., Tasdibi, D. 2016. Airborne bacteria levels in indoor urban environments: The influence of season and prevalence of sick building syndrome (SBS). *Indoor and Built Environment*, 25(3), 563-580.
- Mentese, S., Yousefi Rad, A., Arısoy, M., Gullu, G., 2012a. Multiple Comparisons of Organic, Microbial, and Fine Particulate Pollutants in Typical Indoor Environments: Diurnal and Seasonal Variations, *Journal of Air and Waste Management Association*, 62(12), 1380-1393.
- Mentese, S., Yousefi Rad, A., Arısoy, M., Gullu, G., 2012b. Seasonal and Spatial Variations of Bioaerosols in Indoor Urban Environments, Ankara, Turkey, *Indoor and Built Environment*, 21(6), 797-810.
- Menteşe, S., 2009. Bina İçi Hava Kalitesinin Belirlenmesi ve Kaynaklarının Tespiti, Doktora tezi., Hacettepe Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Ankara, s.456.
- Metin, S., Yıldız, Ş., Çakmak, T., Demirbaş, Ş. 2011. 2010 Yılında Türkiye'de Karbon monoksit Zehirlenmesinin Sıklığı, *TAF Prev Med Bull*, 10(5), 587-92.
- Mitscherlich, G., 1995. Die Welt in Der Wir Leben. Entstehung - Entwicklung, Heutige Stand Rombach Ökologie, Rombach Verlag, Freiburg.
- Monn, C., Fuchs, A., Hogger, D., Junker, M., Kogelschatz, D., Roth, N., Wanner, U., 1997. Particulate Matter Less Than 10µm (PM<sub>10</sub>) and Fine Particles Less Than 2.5µm (PM<sub>2.5</sub>): Relationships Between Indoor, Outdoor and Personal Concentrations. *Science of the Total Environment* 208, 15-21.
- Motör, D., 2011. Edirne'de Bir İşletmede İç Ortam Hava Kalitesi ve Çalışanların Sağlığına Olan Etkilerinin Değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Trakya Üniversitesi, Edirne.
- Müezzinoğlu, A., 2000. Hava Kirliliğinin ve Kontrolünün Esasları. İzmir: Dokuz Eylül Yayınları.
- Müezzinoğlu, A., 2003. Atmosfer Kimyası. İzmir: Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yayınları No:305.
- Olesen, B.W., 2004., International standards for the indoor environment. *Indoor Air*, 14(s7), 18-26.
- Özkan, G., 2009, Endüstriyel Bölge Komşuluğunda Kıyısız Kırsal Alandaki Hava Kalitesi; Muallimköy'de Partikül Maddede ve Topraktaki Ağır Metal Kirliliği. Yüksek Lisans Tezi, Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü, İstanbul
- Schwartz, J., 1999. Air pollution and hospital admissions for heart disease in eight US counties. *Epidemiology*, 10, 17-22.
- Seppanen, O.A., Fisk, W.J., Mendell, M.J., 1999. Association of ventilation rates and CO<sub>2</sub> concentrations with health and other responses in commercial and institutional buildings. *Indoor Air*, 9, 226-252.

- Soylu, S., 2010. Hava Kirliliği ve Kirleticileri Raporu, Sakarya hava kalitesi koruma ve iyileştirme projesi (SAHAKK-İ). [www.sahakk.sakarya.edu.tr](http://www.sahakk.sakarya.edu.tr) (erişim: 10.01.2014).
- Tepe, A.M., Doğan, G. 2019. Türkiye'nin Güney Sahilinde Yer Alan Dört Şehrin Hava Kalitesinin İncelenmesi. Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi, 7(3), 585-595.
- Turalıoğlu, F.S., Bayraktar, H., Tuncel G., 2008. Erzurum Atmosferinde TSP, PM10, PM10-2.5, PM2.5 Kütleli Konsantrasyonları. Ulusal Hava Kalitesi Sempozyumu, Mayıs (2008), Konya, Bildiriler Kitabı s.89-97.
- US EPA, 2001. Case Study Two: EPA's Research Triangle Park Laboratory Facility.
- Wallace, L., 1996. Indoor Particles: A Review, Journal of the Air&Waste Management Association, 46, 98-126.
- Wallace, L.A., Emmerich S.J., Howard-Reed C. 2004. Source strengths of ultrafine and fine particles due to cooking with a gas stove. Environmental Science and Technology, 38, 2304-231.
- Weaver, L., Hopkins, R., Chan, K., Churchill, S., Elliott, C., Clemmer, T. 2002. Hyperbaric Oxygen for Acute Carbon Monoxide Poisoning. N Engl J Med 347, 1057-67.
- Yurdakul, S., Ayyıldız, N., Çelik, V.E., İçöz, E. 2019. Süleyman Demirel Üniversitesi Seçili Dersliklerinin İç Çevre Kalitesi Açısından İncelenmesi. Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi, 7(4), 811-818.