

# EVLERDE İÇ ORTAM PARTİKÜL MADDE BOYUT DAĞILIMI VE KONSANTRASYONLARINA ETKİ EDEN FAALİYETLER

**Bilge KARAKAŞ**  
**Gülen GÜLLÜ**

## ÖZET

İnsanlar zamanlarının büyük bir bölümünü kapalı ortamlarda geçirmektedir. Bu nedenle, iç ortam havasının halk sağlığı üzerine etkisi çok büyüktür. Partikül madde (PM), iç ortamda insan sağlığı ile ilgili önemli kirleticilerden biridir. İç ortamdaki partiküller, iç ortam aktiviteleri ve dış ortam olmak üzere genel olarak iki kaynaklıdır. Bu çalışmada farklı tipte sigara kullanımı (ince ve klasik sigara), sigara ve mum beraber yakımı, mutfak faaliyetleri, mum yakımı, deodorant kullanımı vb. ev içi bazı faaliyetlerin, Partikül Madde Boyut Dağılımı ve Konsantrasyonuna etkileri değerlendirilmiştir. Bilgilerin elektronik kayıtlarla direkt ve sürekli eldesini sağlayan, havadan taşınan partiküllerin konsantrasyonunu ölçmek için geliştirilmiş olan “Grimm Environmental Dust Monitor (EDM) 107” toz konsantrasyonu ölçüm cihazı kullanılmıştır. Yapılan ölçümler sonunda, mum yakımı deneyi parçacık boyut dağılımı analizinde 0,25 µm aerodinamik çapa sahip partikül madde konsantrasyonu en yüksek oranda gözlemlenmiştir (yaklaşık %37,41). Ev içerisinde mutfak faaliyetleri (ocak kullanımı), mum kullanımı, sigara tüketimi, deodorant kullanımı vb. faaliyetler iç ortamda partikül madde konsantrasyonu artışına sebep olduğu gözlemlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Partikül madde (PM), İç ortam hava, Partikül madde boyut dağılımı

## ABSTRACT

People spend most of time in indoor environments, suggesting that there is a significant effect of indoor air quality on the public health. Particle matter (PM) is one of the major pollutants indoor environment related with human health. Particles at the indoor environment can be originated from indoor and outdoor activities. In this study, the effects of some of those activities, including types (slim or classic) of cigarettes smoked, candle use alone or combined use of candles with cigarette smoking, deodorant use and kitchen work, on the concentration of average size of particle were evaluated. Grimm Environmental Dust Monitoring (EDM) 107 system was used to monitor indoor air particulate concentrations. This instrument is able to measure the concentration of particles transmitted via air (or the concentration of air-transmitted particles) and to record electronic data providing direct and consistent information of particle concentrations. The highest proportion (approx 37.41%) of particle fractions with aerodynamics diameter of 0.25 µm was detected by the experiment performed using candles alone. It was found that such activities at home (smoking indoors, deodorant use and kitchen activities like stove use) increased the fine PM concentration.

**Key Words:** Particulate Matter (PM), Indoor air, Size distribution of particulate matter

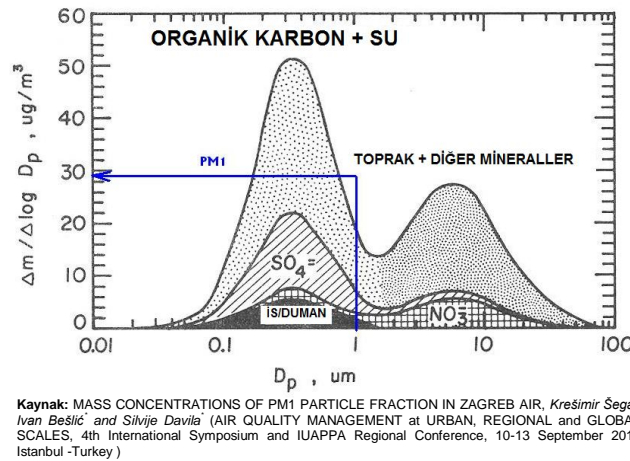
## 1. GİRİŞ

İç ortamda insan sağlığı ile ilgili en önemli iki kirleticiden biri partikül madde (PM) diğeri de biyoaerosollerdir. Bu iki kirleticinin sağlık etkilerinin partikül madde boyutu ve konsantrasyonlarına, ve birlikte bulunmalarına bağlı olduğu düşünülmektedir (Dockery and Pope, 1994; Williams et al., 2000).

Partikül kirliliği hava da bulunan sıvı zerreciklerin ve katı zerreciklerin karışımından oluşmaktadır. Partikül maddelerin boyut aralığı çok geniştir. Toz, is ya da duman çıplak gözle görülebilecek kadar koyu renkli ve çapları büyük partiküllerden oluşurken; bulut çekirdeği veya bazı zehirli partiküller ancak elektron mikroskobunda görülecek kadar küçük çaplara sahiptir (Sivaslıgil, 2007).

Partiküller kütle ve bileşimi yönünden; aerodinamik çapı 2,5  $\mu\text{m}$ 'den büyük kaba partiküller, aerodinamik çapı 2,5  $\mu\text{m}$ 'den küçük ince partiküller olarak iki gruba ayrılır. İnsan sağlığı ile ilgili partiküller çapı 10  $\mu\text{m}$  ( $\text{PM}_{10}$ )'den daha küçük, özellikle 2,5  $\mu\text{m}$  ( $\text{PM}_{2.5}$ )'den küçük olanlar solunabilir partiküller olarak bilinirler (Bulut, 2007). Partikül madde miktarı genellikle birim hacimdeki kütle veya parçacık adedi olarak verilir. Partikül madde miktarı endüstriyel ortamlarda  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  veya  $\text{mg}/\text{m}^3$  olarak, ofis binalarında ve endüstriyel temiz odalarda ise adet/ $\text{m}^3$  olarak ifade edilir (ASHRAE, 2003).

En önemli hava kirleticilerinden ve EPA'nın 6 kirleticisi parametrelerinden bir tanesi olan PM ( $\text{PM}_{2.5}$  ve  $\text{PM}_{10}$ )'nin kimyasal kompozisyonu, reaksiyon özellikleri, kısa ve uzun aralıktaki difüze olma özellikleri farklıdır. Ultra ince (ultra fine) partiküller aerodinamik çapı 0,1  $\mu\text{m}$ 'den küçük olanlar ve ince (fine) partiküller aerodinamik çapı 1  $\mu\text{m}$ 'den küçük olanlar ve kaba (course) partiküller çapı 1  $\mu\text{m}$ 'den büyük olanlardır. Bu partiküller solunum sistemlerinde depolanabilirler.  $\text{PM}_{10}$  üst solunum sisteminde depolanırken ince ve ultra ince partiküller alveollerde birikirler. PM'in sağlığa etkilerini değerlendirmek için önemli rol oynayan parametreler partikül çapı, yüzeyi, kompozisyonu ve sayısıdır. PM'in esas bileşenleri metaller, organik bileşikler, biyolojik orijinli materyaller, iyonlar, reaktif gazlar ve partiküler karbondur. Ultra ince ve ince partiküller sağlık etkisi bakımından kaba partiküllerden daha tehlikelidir (Alptekin, 2007). Dolayısıyla 1  $\mu\text{m}$ 'den küçük aerodinamik çapa sahip partiküllerin kimyasal yapısı insan sağlığı için büyük önem taşımaktadır.  $\text{PM}_{10}$ 'in yapısını oluşturan bazı organik karbon bileşikleri ve mineralleri gösteren grafik Şekil 1'de verilmiştir.



**Şekil 1.**  $\text{PM}_{10}$  içerisindeki Bazı Organik Bileşiklerin Gösterimi

Bu çalışmada, ev içerisinde mutfak faaliyetleri (ocak kullanımı), mum kullanımı, farklı kalınlıkta sigara tüketimi, deodorant kullanımı vb. faktörlerin partikül madde boyut dağılımı ve konsantrasyonuna etkileri değerlendirilmiştir.

## 2. MATERYAL VE METOTLAR

### 2.1. Örneklemeye

Partikül madde miktarı genellikle birim hacimdeki kütle veya parçacık adedi olarak değerlendirilir. Partikül madde miktarı endüstriyel ortamlarda  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  veya  $\text{mg}/\text{m}^3$  olarak, ofis binalarında ve endüstriyel temiz odalarda ise adet/ $\text{m}^3$  olarak ifade edilmektedir. Bu çalışmada elde edilen ince partikül madde ortalama parçacık boyutu konsantrasyonları "partikül/ $\text{cm}^3$ " biriminden değerlendirilmiştir. Çalışmalarda, partikül madde boyut dağılımı ve konsantrasyonu ölçümleri 2011 yılı, Aralık ayı içerisinde, yatak odası ve mutfak olmak üzere iki farklı ortamda gerçekleştirilmiştir. Deneyler sırasında partikül madde ölçüm cihazı yerden yaklaşık 70 cm yükseklikte masa üzerine yerleştirilmiştir. Yapılan deneylere ait örneklemeye özellikleri Tablo 1'de verilmiştir.

**Tablo 1.** Referans Deney Örneklemeye Özellikleri

Deney	Ortam	Havalandırma	Ölçüm Süresi (dk)	Ortam Alanı ( $\text{m}^2$ )
Sigara A (İnce)	Yatak Odası	Önceden havalandırılmış, kapalı ortam *	21	20
Sigara B (Klasik Tip)	Yatak Odası	Önceden havalandırılmış, kapalı ortam *	24	20
Tütsü Yakımı	Yatak Odası	Önceden havalandırılmış, kapalı ortam *	27	20
Deodorant Kullanımı	Yatak Odası	Önceden havalandırılmış, kapalı ortam *	22	20
Mum Yakımı	Yatak Odası	Önceden havalandırılmış, kapalı ortam *	52	20
Sigara ve Mum	Yatak Odası	Önceden havalandırılmış, kapalı ortam *	67	20
Yemek Yapımı	Mutfak	Önceden havalandırılmış, kapalı ortam *	57	20

\* Ölçüm ortamları deneylere başlamadan önce yaklaşık 30 dakika süre ile havalandırılmıştır.

### 2.2. PM Ölçümü

İç ortamda bulunan parçacıkların boyutlarını tespit edebilmek için, partikül çaplarını  $0,25 \mu\text{m} - 32 \mu\text{m}$  aralığında otomatik olarak tayin edebilen, ışık saçılımı prensibine dayanan bir cihaz kullanılmıştır ( $0,25 - 0,28 - 0,30 - 0,40 - 0,45 - 0,50 - 0,58 - 0,65 - 0,70 - 0,80 - 1,0 - 1,3 - 1,6 - 2,0 - 2,5 - 3,0 - 3,5 - 4,0 - 5,0 - 6,5 - 7,5 - 8,5 - 10,0 - 12,5 - 15,0 - 17,5 - 20 - 25 - 30 - 32 \mu$ ). Bu cihaz elektronik kayıtlarla direkt ve sürekli bilgi eldesini sağlayan, havadan taşınan partiküllerin konsantrasyonunu ölçmek için geliştirilmiş olan "Grimm Environmental Dust Monitor (EDM) 107" toz konsantrasyonu ölçüm cihazıdır. Ölçümlerde kullanılan cihaz Hacettepe Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü'nden temin edilmiştir.



**Şekil 2.** Grimm EDM 107 Partiküler Madde Konsantrasyonu Ölçüm Cihazı

### 3. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

#### 3.1. Sigara Kullanımı - İnce Partikül Madde Boyut Dağılımı ve Konsantrasyonu

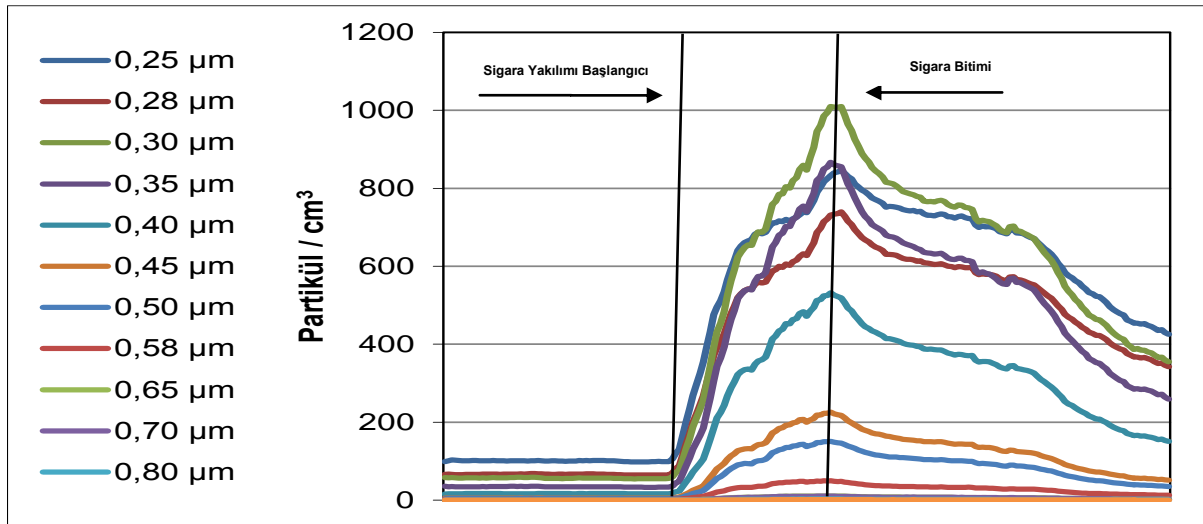
Önceden havalandırılmış ortamda, farklı zifir, nikotin ve karbonmonoksit miktarlarına sahip iki farklı tip sigara kullanımında PM ortalama parçacık boyutu konsantrasyonları incelenmiştir. Referans deney iki farklı tip sigara ile gerçekleştirilmiştir. A sigarasının zifir miktarı 1 mg, nikotin miktarı 0,1 mg ve karbonmonoksit miktarı ise 1 mg'dir. B sigarasının ise zifir miktarı 10 mg, nikotin miktarı 0,9 mg ve karbonmonoksit miktarı ise 10 mg'dir. A ve B tipi sigaralara ait zifir, nikotin ve karbonmoksit miktarları Tablo 2'de verilmiştir.

**Tablo 2.** A ve B Sigaralarına Ait Özellikler

	Zifir (mg)	Nikotin (mg)	Karbonmonoksit (mg)	Örnekleme Süresi (dk)	
A Tipi Sigara (İnce Tip)	1	0,1	1	21	
B Tipi Sigara (Klasik Tip)	10	0,9	10	24	

##### 3.1.1. A Sigarası (İnce Tip)

Yapılan ölçümler sonucunda halk arasında ince sigara olarak adlandırılan A sigarasının yanması sonucu sırasıyla 0,25 ve 0,30 ve 0,28  $\mu\text{m}$  aerodinamik çapa sahip partiküller daha yüksek tespit edilmiştir. Ortamda sigara yakımına başlanması ile birlikte ince PM konsantrasyon miktarında ciddi artış gözlemlenmiş olup, sigaranın söndürülmesi ile birlikte bu miktarda zamanla azalmıştır. Ayrıca, sigaranın söndürülmesinden sonrada ortamdaki ince PM konsantrasyonunun önceki iç ortam hava koşuluna göre yüksek olduğu gözlemlenmiştir. A sigarası deneyine ait ince PM ortalama parçacık boyutu konsantrasyonlarını gösteren grafik Şekil 3'te verilmiştir.



**Şekil 3.** A Tipi Sigara - İnce PM Boyut Dağılımı ve Konsantrasyonları Grafiği (partikül/cm<sup>3</sup>)

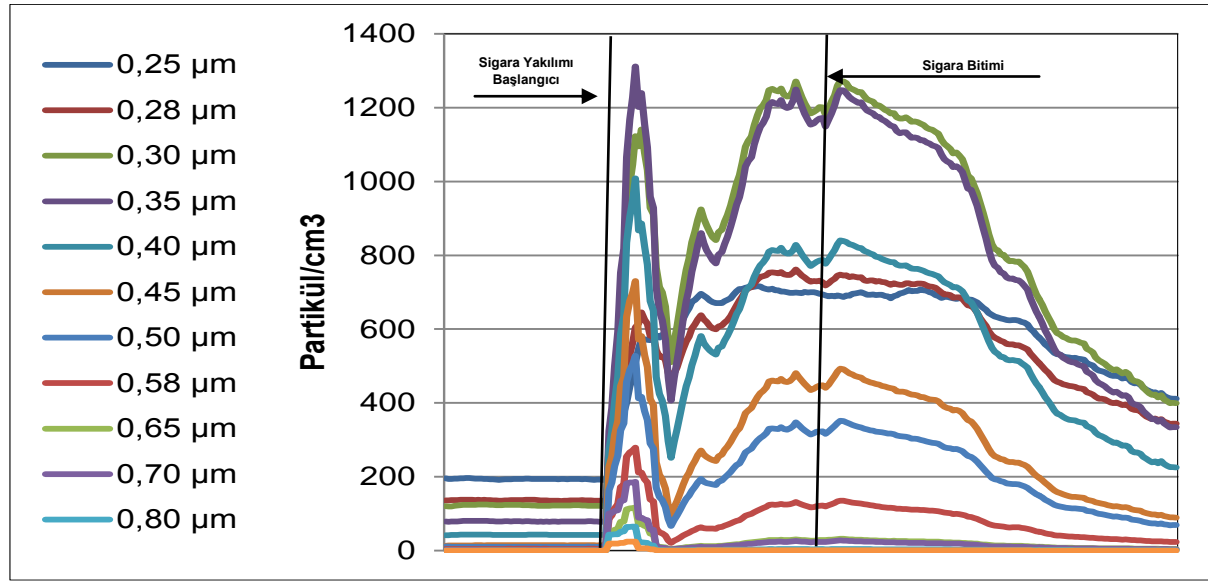
A sigarasının yanması esnasında ortaya çıkan partiküllerin % 22,34'ü 0,25, % 22,04'ü 0,30  $\mu\text{m}$  çapa sahip partiküllerden oluşmaktadır. Deney sırasında en yüksek PM miktarı 0,30  $\mu\text{m}$  aerodinamik çapa sahip partikül maddelerde gözlemlenmiştir (Şekil 3). İnce PM ortalama parçacık boyutu konsantrasyonlarını gösteren yüzde oranları Tablo 3'te verilmiştir.

**Tablo 3.** A Tipi Sigara - İnce PM Boyut Dağılımı ve Konsantrasyonları Yüzde Değerleri

(%)	0,25 $\mu\text{m}$	0,28 $\mu\text{m}$	0,30 $\mu\text{m}$	0,35 $\mu\text{m}$	0,40 $\mu\text{m}$	0,45 $\mu\text{m}$	0,50 $\mu\text{m}$
A Sigarası (İnce Tip)	22,34	18,21	22,04	17,84	10,83	4,21	2,92

### 3.1.2. B Sigarası (Klasik Tip)

Klasik sigara olarak adlandırılan B sigarasının yanması sonucu ise sırasıyla 0,30 ve 0,35 ve 0,25  $\mu\text{m}$  aerodinamik çapa sahip partiküller madde konsantrasyonu yüksek tespit edilmiştir. A sigarası deneyinde de gözlemlendiği gibi ortamda sigara yakımına başlanması ile birlikte ince PM konsantrasyon miktarında ciddi artış, sigaranın söndürülmesi ile birlikte ortamdaki artmış olan ince PM konsantrasyonu miktarında zamanla azalma gözlemlenmiştir. B sigarası deneyine ait ince PM ortalama parçacık boyutu konsantrasyonlarını gösteren grafik Şekil 4'te verilmiştir.

**Şekil 4.** B Tipi Sigara - İnce PM Boyut Dağılımı ve Konsantrasyonları Grafiği (partikül/cm<sup>3</sup>)

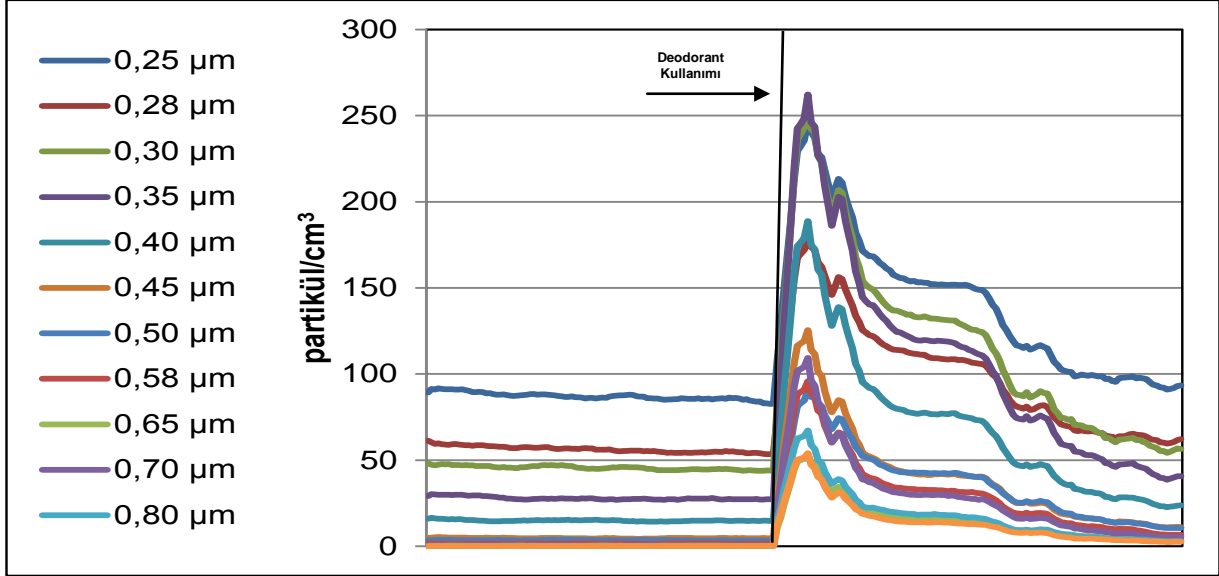
B sigarasının yanması esnasında ortaya çıkan partiküllerin % 21,12'si 0,30, % 19,97'ü 0,35  $\mu\text{m}$  çapa sahip partiküllerden oluşmaktadır. Deney sırasında en yüksek PM miktarı 0,35  $\mu\text{m}$  aerodinamik çapa sahip partikül maddelerde gözlemlenmiştir (Şekil 4). İnce PM ortalama parçacık boyutu konsantrasyonlarını gösteren yüzde oranları Tablo 4'te verilmiştir.

**Tablo 4.** B Tipi Sigara - İnce PM Boyut Dağılımı ve Konsantrasyonları Yüzde Değerleri

(%)	0,25 $\mu\text{m}$	0,28 $\mu\text{m}$	0,30 $\mu\text{m}$	0,35 $\mu\text{m}$	0,40 $\mu\text{m}$	0,45 $\mu\text{m}$	0,50 $\mu\text{m}$
B Sigarası (Klasik Tip)	15,17	14,34	21,12	19,97	13,63	7,22	5,25

### 3.3. Deodorant Kullanımı - İnce Partikül Madde Boyut Dağılımı ve Konsantrasyonu

Kapalı oda içerisinde deodorant kullanımı sırasında 0,25 ve 0,30 ve 0,28  $\mu\text{m}$  aerodinamik çapa sahip partikül çaplarındaki partiküller daha yüksek tespit edilmiştir. Deodorant kullanımı esnasında, ince partikül madde boyut dağılımı ve konsantrasyonlarında büyük oranda anlık yükselme gözlemlenmiştir. Deodorant kullanımına bağlı, PM boyut dağılımı ve konsantrasyonlarındaki değişimi gösteren grafik Şekil 5'de verilmiştir.



**Şekil 5.** Deodorant Kullanımı - İnce PM Boyut Dağılımı ve Konsantrasyonları Grafiği (partikül/cm<sup>3</sup>)

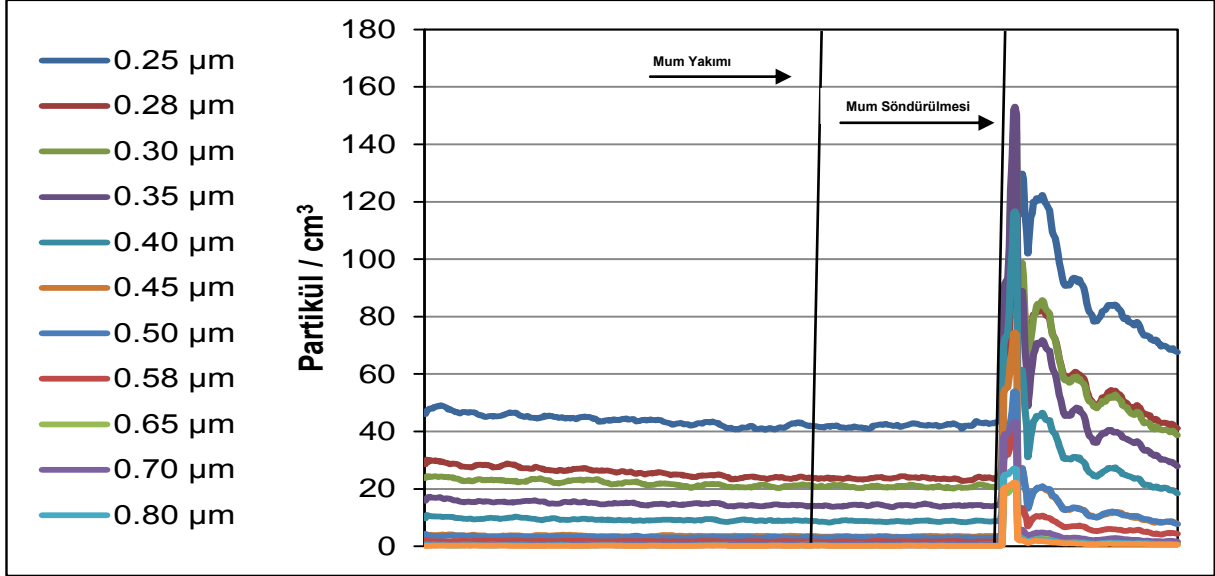
Deney esnasında ortaya çıkan partiküllerin %21,89'u 0,25, % 15,98'i 0,30 µm çapa sahip partiküllerden oluşmaktadır. Ayrıca, deney sırasında en yüksek PM miktarı 0,35 µm aerodinamik çapa sahip partikül maddelerde gözlemlenmiştir (Şekil 5). Deodorant kullanımı deneyine ait ince PM ortalama parçacık boyutu konsantrasyonlarını gösteren yüzde oranları Tablo 5'de verilmiştir.

**Tablo 5.** Deodorant Kullanımı - İnce PM Boyut Dağılımı ve Konsantrasyonları Yüzde Değerleri

(%)	0,25 µm	0,28 µm	0,30 µm	0,35 µm	0,40 µm	0,45 µm	0,50 µm
Deodorant Kullanımı	21,89	15,03	15,98	13,31	8,47	4,55	4,06

### 3.4. Mum Yakımı - İnce Partikül Madde Boyut Dağılımı ve Konsantrasyonu

Kapalı oda içerisinde mum yakımı deneyi esnasında sırasıyla 0,25 ve 0,28 ve 0,30 µm aerodinamik çapa sahip partiküller daha yüksek tespit edilmiştir. Deney esnasında, mumun yakılmasından sonra geçen süre boyunca, ortamda ince ortalama parçacık boyutu konsantrasyonlarında önemli bir değişiklik gözlemlenmemiş olup, mumun söndürülmesinden itibaren ortamda ince PM fraksiyonlarında büyük miktarda artış gözlemlenmiştir. Mum yakımı deneyine ait ince PM ortalama parçacık boyutu konsantrasyonlarını gösteren grafik Şekil 6'da verilmiştir.



**Şekil 6.** Mum Yakımı - İnce PM Boyut Dağılımı ve Konsantrasyonları Grafiği (partikül/cm<sup>3</sup>)

Mum yakımı deneyi esnasında ortaya çıkan partiküllerin %37,41'i 0,25, % 22,74'ü 0,28 µm çapa sahip partiküllerden oluşmaktadır. Ayrıca, deney sırasında en yüksek PM miktarı 0,35 µm aerodinamik çapa sahip partikül maddelerde gözlemlenmiştir (Şekil 6). Deneye ait ince PM ortalama parçacık boyutu konsantrasyonlarını gösteren yüzde oranları ise Tablo 6'da verilmiştir.

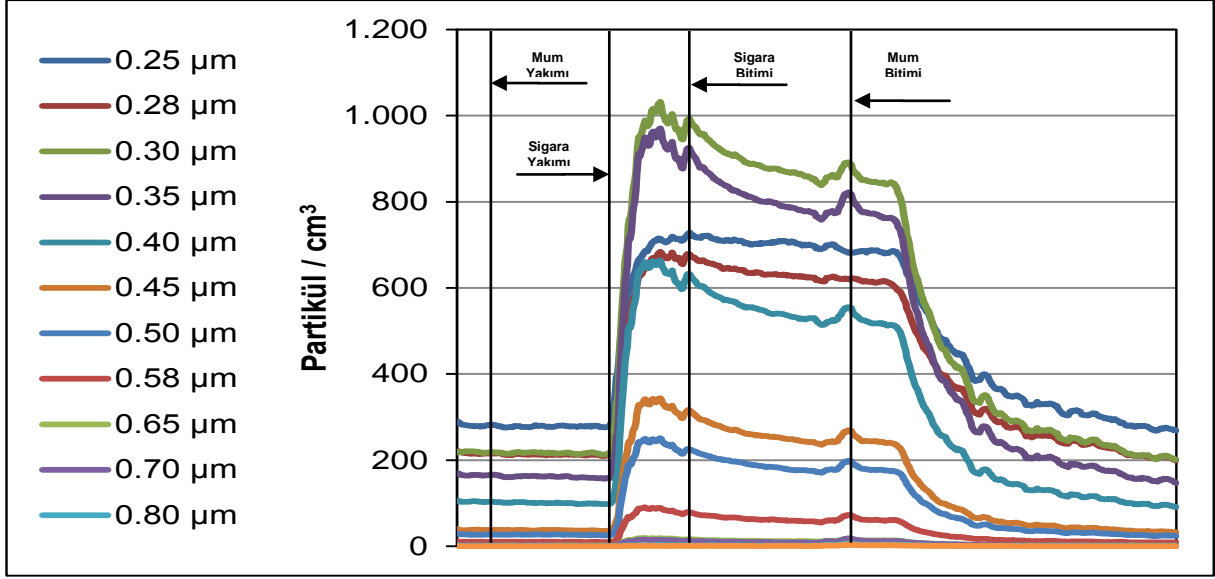
**Tablo 6.** Mum Yakımı - İnce PM Boyut Dağılımı ve Konsantrasyonları Yüzde Değerleri

(%)	0,25 µm	0,28 µm	0,30 µm	0,35 µm	0,40 µm	0,45 µm	0,50 µm
Mum Yakımı	37,41	22,74	21,40	15,44	10,19	4,35	4,24

### 3.5. Sigara ve Mum Beraber Yakımı - İnce Partikül Madde Boyut Dağılımı ve Konsantrasyonu

Söz konusu deneyde mum yakılan ortamda sigara yakılmış ve partikül çap değişimi konsantrasyonu incelenmiştir. Deneyde, mum yakılması durumunda PM ince ortalama parçacık boyutu konsantrasyonlarının da önemli bir değişiklik gözlemlenmemiştir. Sigara yakılmasının başlanmasında ise ortamda ince fraksiyonlara sahip partikül madde boyut dağılımı ve konsantrasyon miktarlarında hızlı bir artış gözlemlenmiştir. Sigara ve mum yakımı deneyine ait ince PM ortalama parçacık boyutu konsantrasyonlarını gösteren grafik Şekil 7'de verilmiştir.





**Şekil 7.** Sigara ve Mum Beraber Yakımı - İnce PM Boyut Dağılımı ve Konsantrasyonları Grafiği (partikül/cm<sup>3</sup>)

Deney esnasında ortaya çıkan partiküllerin %10,9'u 0,25, % 8,18'i 0,30 µm çapa sahip partiküllerden oluşmaktadır. Ayrıca, deney sırasında en yüksek PM miktarı 0,30 ve 0,35 µm aerodinamik çapa sahip partikül maddelerde gözlemlenmiştir (Şekil 7). Sigara ve mum yakımı deneyine ait ince PM ortalama parçacık boyutu konsantrasyonlarını gösteren yüzde oranları ise Tablo 7'de verilmiştir.

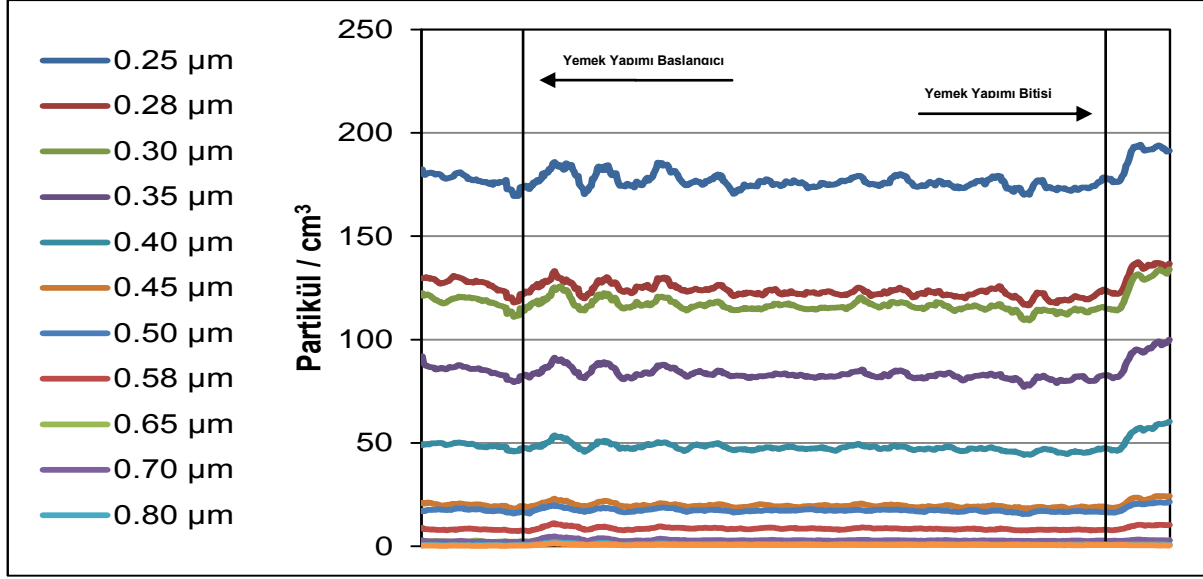
**Tablo 7.** Sigara ve Mum Yakımı - İnce İnce PM Boyut Dağılımı ve Konsantrasyonları Yüzde Değerleri

(%)	0,25 µm	0,28 µm	0,30 µm	0,35 µm	0,40 µm	0,45 µm	0,50 µm
Sigara ve Mum	10,94	8,12	8,18	5,98	3,71	1,33	0,98

### 3.6. Yemek Yapımı - İnce Partikül Madde Boyut Dağılımı ve Konsantrasyonu

Yemek yapımı esnasında PM fraksiyonları değişimlerinde önemli miktarda artış gözlemlenmemiş olup, ortamda bulunan en yüksek PM miktarları 0,25, 0,28 ve 0,30 µm partikül çaplarında gözlemlenmiştir. Deneyde, ocak üzerinde sıvı yağ kullanımı ve buhar oluşumunu gerektiren yemeklerin yapılması (pirinç pilavı ve mercimek çorbası) tercih edilmiş olup, ince ortalama parçacık boyutu konsantrasyonlarında önemli bir değişiklik gözlemlenmemiştir. Yemek yapımı esnasında PM boyut dağılımı ve konsantrasyonlarındaki değişimi gösteren grafik Şekil 8'de verilmiştir.





**Şekil 8.** Yemek Yapımı - İnce PM Boyut Dağılımı ve Konsantrasyonları Grafiği (partikül/cm<sup>3</sup>)

Analiz edilen ortalama partikül madde boyut dağılımı ve konsantrasyonları %29,24'ü 0,25, %20,52'si 0,28 µm çapa sahip partiküllerden oluşmaktadır. Ayrıca, deney sırasında en yüksek PM boyut dağılımı ve konsantrasyon miktarı sırasıyla 0,25 ve 0,28 µm aerodinamik çapa sahip partikül maddelerde gözlemlenmiştir (Şekil 8). Yemek yapımı deneyine ait ortalama PM boyut dağılımı ve konsantrasyonlarını gösteren yüzde oranları ise Tablo 8'de verilmiştir.

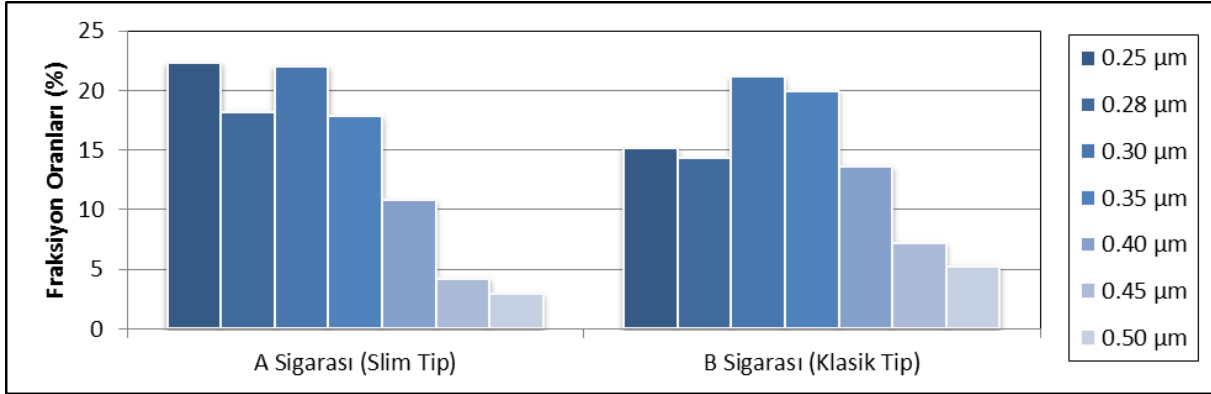
**Tablo 8.** Yemek Yapımı - İnce PM Boyut Dağılımı ve Konsantrasyonları Yüzde Değerleri

(%)	0,25 µm	0,28 µm	0,30 µm	0,35 µm	0,40 µm	0,45 µm	0,50 µm
Yemek Yapımı	29,24	20,52	19,35	13,87	7,97	3,28	2,89

### 3.7. Referans Deneylerin İnce Partikül Madde Boyut Dağılımı ve Konsantrasyonu Genel Değerlendirmesi

#### Sigara Deneyleri Karşılaştırılması

Farklı tip sigara tüketimi deneylerinde, ince ve klasik tip sigaraların açığa çıkardığı ortalama partikül madde boyut dağılımı ve konsantrasyon miktarlarını karşılaştırma fırsatı bulunmuştur. 0,25, 0,28 ve 0,30 µm aerodinamik çapında partikül madde ortalama konsantrasyonu A tipi sigara olarak adlandırdığımız ince sigara tüketiminde, B tipi olarak adlandırdığımız klasik sigara tüketimine göre yüksek gözlemlenmiştir. 0,35, 0,40, 0,45 ve 0,50 µm aerodinamik çapında partikül madde ortalama konsantrasyon miktarlarında ise klasik tip sigara, ince tip sigaraya oranla daha yüksek PM Boyut Dağılımı ve Konsantrasyonuna sahiptir. A ve B tipi sigaralara ait ortalama fraksiyon yüzdeleri Şekil 9'da verilmiştir.



Şekil 9. A ve B Tipi Sigaraları Yüzde Fraksiyon Grafiği

### Tüm Deneylere Ait Genel Değerlendirme

Yapılan referans deneylerde çeşitli faaliyetlerden kaynaklı ortamdaki ince PM boyutları gözlemlenmiştir. Deneylerin bir kısmı yanma faaliyetleri (mum, sigara yakımı, ocak kullanımı), bir kısmı ısınma (ocakta sıvı yağ kullanımı) faaliyetleri ve diğer bir kısımda basınçlı ambalajlardan (deodorant spres kullanımı) kaynaklı ürünlerin kullanımından kaynaklı iç ortam hava kalitesindeki değişimi tespit etmeye yardımcı olmuştur.

Ev içerisinde yapılan farklı tip faaliyetlerin sonucunda en yüksek 0,25 µm aerodinamik çapa sahip aktivite sırasıyla mum yakımı ve yemek yapımı deneylerinde gözlenmiştir. Bu hususta, yanma faaliyeti ev içerisinde PM boyutlarında önemli değişimler gösterebilecek bir faaliyet olup, maddenin ısı ve oksijenle birleşmesi sonucu oluşan kimyasal bir olaydır. Mum, katı halden önce sıvı hale daha sonra da buhar veya gaz haline geçerek hızlı bir yanma biçimine sahiptir. Mumun yanması olayında, açığa çıkan ısı ile bir kısım mum erimekle beraber, mumun büyük bir kısmı artık muma hiç benzemeyen karbondioksit, su buharı ve is dediğimiz yeni ürünlere dönüşür. Yapılan referans deneylere göre, mumun tek başına yakılması durumunda diğer deneylere oranla daha yüksek ortalama ince partikül madde konsantrasyonu yüzde oranına rastlanılmıştır (0,25, 0,28 ve 0,30 µm).

Deneyler arasında, en yüksek 0,35, 0,40, 0,45 ve 0,50 µm çapa sahip ortalama partikül madde konsantrasyon oranlarına, B tipi sigara tüketiminde rastlanılmıştır. Sigara ve sigara dumanının çok miktarda ve değişik özellikte zararlı madde içerdiği bilinmektedir. Sigara dumanı tütün bitkisi yapraklarının tam yanmaması sonucu oluşmaktadır. Sigara dumanının içerdiği maddeler gaz veya tanecik halinde bulunmaktadır. Sigaranın ağız kısmında içe çekilme sırasında oluşan duman "Ana Duman" olarak tanımlanır. Yanan sigaranın ucundan ve ağız kısmından kendiliğinden çıkan duman ise "Yan Duman" olarak tanımlanmaktadır. Sigara dumanının ihtiva ettiği maddeler çeşitli faktörler tarafından etkilenir. Tütünün tipi, yanma sıcaklığı, sigaranın uzunluğu, sigara kağıdının özellikleri (gözenekli yapıda olup olmaması gibi), filtre ve tütüne ilave edilen katkı maddeleri bunların başlıcalarıdır. Sigaranın ucunda sıcaklık 900 °C'ye yükselir. Bu ısı nedeniyle tütün yaprağında bulunan maddeler değişime uğrar ve bir çok yeni madde oluşur. Bunlardan bir tanesi nikotindir. Nikotin sigara dumanında tanecik halinde bulunan ve bağımlılığa yol açan ana maddedir. Karbonmonoksit ise sigara dumanında gaz halinde bulunan zararlı maddelerin en önemlisidir ve tütünün tam yanmaması sonucu ortaya çıkar. Sigara ve sigara dumanı içerisinde bulunan zararlı maddeler Tablo 9'da verilmiştir.

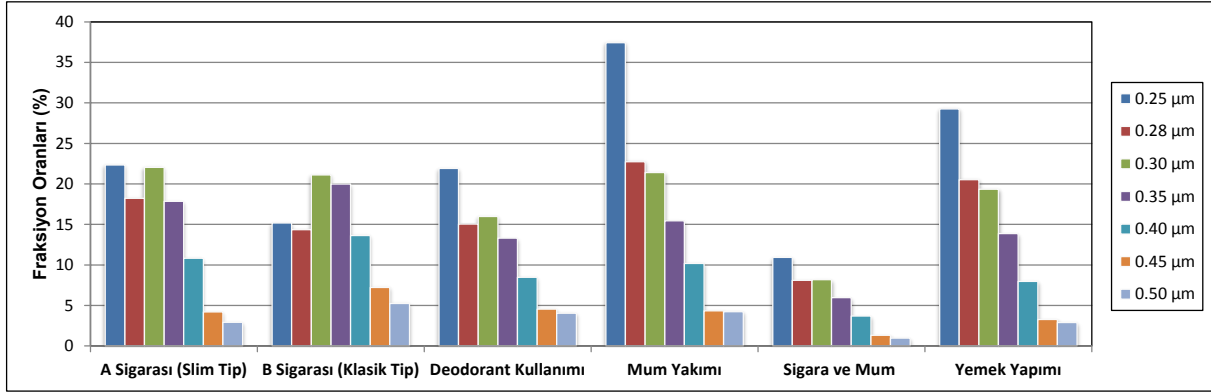
**Tablo 9.** Sigara ve Sigara Dumanı İçerisinde Bulunan Zararlı Maddeler

	<b>Madde</b>	<b>Etkisi</b>	
Sigarada Bulunan Maddeler Tanecek Halinde Bulunanlar	Aromatik hidrokarbonlar	Kanser Yapıcı	
	Nikotin	Sinir Sistemini Uyarıcı	
	Fenol	Kanser Yapıcı	
	Krezol	Kanser Yapıcı	
	Beta-Naftilamin	Kanser Yapıcı	
	N-Nitrozonornikotin	Kanser Yapıcı	
	Benzopiren	Kanser Yapıcı	
	Metaller	Kanser Yapıcı	
	(Nikel, Arsenik, Polonium 201)	Kanser Yapıcı	
	İndol	Kanser Yapıcı	
	Karbazol	Kanser Yapıcı	
	Kateşol	Kanser Yapıcı	
	Sigara Dumanındaki Gazlar (Sigara Zararlarıyla İlgili)	Karbon Monoksit	Oksijen Kullanımını Engeller
		Hidrosiyanik asit	Silia* Hareketleri Durdurur
Asetaldehid		Silia* Hareketleri Durdurur	
Akrolein		Silia* Hareketleri Durdurur	
Amonyak		Silia* Hareketleri Durdurur	
Formaldehid		Silia* Hareketleri Durdurur	
Nitrojen oksitler		Silia* Hareketleri Durdurur	
Nitrozaminler		Kanser Yapıcı	
Hidrazin		Kanser Yapıcı	
Vinil klorür		Kanser Yapıcı	

\* Silia; Solunum Yollarını Döşeyen Hücrelerin Uzantıları Olan Titrek Tüyler

**Kaynak:** Dr. Serhat Fındık (<http://www.bakimliyiz.com/sagligimiz/77409-sigaranin-icinde-neler-bulunur.html>, 2013)

Yapılan tüm referans deneylerin sonucunda, mum yakımı deneyinde, mumun sönmeye durumunda açığa çıkan gazlar PM fraksiyonları değişimlerinde en yüksek 0,25 µm aerodinamik çapa sahip ortalama PM konsantrasyonu gözlemlenmiş olup, en yüksek 0,35, 0,40, 0,45 ve 0,50 µm aerodinamik çapa sahip PM konsantrasyonu ise B tipi sigara tüketiminde gözlemlenmiştir. Deneylere ait ortalama PM boyut aralığı konsantrasyon grafiği Şekil 10'da verilmiştir.



**Şekil 10.** Referans Deneyler - İnce PM Boyut Dağılımı ve Konsantrasyonları Grafiği (partikül/cm<sup>3</sup>)

Deneyler arasında, analiz edilen en yüksek ortalama partikül madde boyut dağılımı ve konsantrasyon miktarları, mum yakımı deneyinde %37,41'lik oranla 0,25, %22,74'lük oranla 0,28 µm çapa sahip partiküllerden oluşmaktadır. Deneylere ait ortalama PM boyut dağılımı ve konsantrasyon miktarlarını gösteren yüzde oranları Tablo 10'da verilmiştir.

**Tablo 10.** Referans Deneyler - İnce PM Boyut Dağılımı ve Konsantrasyonları Yüzde Değerleri

Referans Deneyler	Fraksiyon Oranları (%)						
	0,25 µm	0,28 µm	0,30 µm	0,35 µm	0,40 µm	0,45 µm	0,50 µm
A Sigarası (İnce Tip)	22,34	18,21	22,04	17,84	10,83	4,21	2,92
B Sigarası (Klasik Tip)	15,17	14,34	21,12	19,97	13,63	7,22	5,25
Deodorant Kullanımı	21,89	15,03	15,98	13,31	8,47	4,55	4,06
Mum Yakımı	37,41	22,74	21,40	15,44	10,19	4,35	4,24
Sigara ve Mum	10,94	8,12	8,18	5,98	3,71	1,33	0,98
Yemek Yapımı	29,24	20,52	19,35	13,87	7,97	3,28	2,89

## KAYNAKLAR

- [1] DOCKERY D., Pope C.A., Acute Respiratory Effects of Particulate Air pollution, Annu. Rev. Public Health, 15, 107-132, (1994).
- [2] Williams, R., Creason, J., Zweidinger, R., Watts, R., Sheldon, L., Shy, C. 2000. Indoor, Outdoor and Personal Exposure Monitoring of Particulate Air Pollution: The Baltimore Elderly Epidemiology-Exposure Pilot Study, Atmospheric Environment, 34: 4193–04.
- [3] Sivaslıgil, A., 2007, Gebze Dilovası'nda partikül madde kirliliği; kirletici kaynakların dökümü ve partikül madde kanserojenik PAH analizi, Y. Lisans Tezi, Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Gebze.
- [4] Bulut, H. (2007) "Konutlarda İç Hava Kalitesi İle İlgili Ölçüm Sonuçlarının Analizi", Teskon 2007 VIII. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi Bildiriler Kitabı, İzmir , 415-427.
- [5] ASHRAE, (2003) "ASHRAE Handbook CD, Fundamentals-2001, Chapter 9: Indoor Environmental Health", Atlanta, USA.
- [6] Alptekin, O., (2007), "Binalarda iç hava kalitesi toz partiküllerinin iç mekan hava kalitesi üzerindeki etkilerinin incelenmesi", Y. Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara

## ÖZGEÇMİŞ

### **Bilge KARAKAŞ**

1985 yılı Sivas doğumludur. 2008 yılında Ondokuz Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümünü bitirmiştir. Daha sonra, 2011 yılında Hacettepe Üniversitesi, Çevre Mühendisliği bölümünde Yüksek Lisans eğitimine başlamıştır. 2009-2011 yıllarında Çevre Danışmanlık hizmetleri sunan PRD Çevre Yatırımları Planlama ve İnşaat Ltd. Şti firmasında Çevresel İzleme ve Danışmanlık konularında görev yapmıştır. 2011 yılından itibaren, 110Y082 nolu TÜBİTAK projesinde proje asistanı ve AECOM Türkiye Danışmanlık ve Mühendislik Ltd. Şti.'nde çevre mühendisi olarak görev yapmaktadır. İç ortam hava kalitesi, partikül madde, çevresel etki değerlendirme konularında çalışmaktadır.

### **Gülen GÜLLÜ**

1965 yılı Ankara doğumludur. 1987 yılında Orta Doğu Teknik Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümünü bitirmiştir. Aynı üniversiteden 1989 yılında Yüksek Mühendis ve 1996 yılında Doktor unvanını almıştır. Orta Doğu Teknik Üniversitesinde 1987-1996 yılları arasında Araştırma Görevlisi, 1996-1999 yılları arasında uzman olarak görev yapmıştır. Doçentlik unvanını 1999 yılında Hacettepe Üniversitesinde Öğretim Üyesi iken alan, Dr. Güllü, 2006 yılından beri Hacettepe Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümünde Prof. Dr. olarak görev yapmaktadır. Dr. Güllü, İç ve dış ortam hava kirliliği konularında çalışmaktadır.