

## Giresun'da İç Ortam Havaındaki PAH Bileşenlerinin Mevsimsel Olarak Belirlenmesi

Aysun TÜRKMEN<sup>1\*</sup>, Alev ELKAYA<sup>2</sup>, Mustafa TÜRKMEN<sup>3</sup>

### Öz

Giresun'da 2018 yılı Sonbahar ve 2019 yılı Kış mevsimlerinde evlerin iç ortam havasında (mutfak) maruz kalınan Poliaromatik Hidrokarbonların (PAH) konsantrasyonları pasif örnekleme metodu kullanılarak belirlenmeye çalışılmıştır. Giresun'da beş istasyon belirlenmiş bu istasyonlarda ısınma amaçlı hem doğal gaz hem de kömür kullanılmaktadır. Hindistan cevizi bazlı aktif karbon kullanılarak pasif örnekleme tüpleri 30 gün evlerin mutfakların da bekletilmiştir. Toplanan örnekleme tüplerindeki aktif karbonlar ekstrakte edildikten sonra 38 PAH bileşeni GC-MS cihazı ile analizler edilmiştir. Tek yönlü varyans analizi One-way ANOVA, Post-Hoc testi (Tukey) uygulanmıştır. İki mevsim arasında istatistiki olarak anlamlı bir fark görülmemiştir ( $p>0.05$ ).

**Anahtar Kelimeler:** Giresun, pasif örnekleme, PAH, GC-MS, iç ortam.

## Seasonal Determination of PAH Components in Indoor Air in Giresun

### Abstract

In Giresun, concentrations of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons compounds exposed to indoor air (kitchen) in of the houses in Autumn 2018 and Winter 2019 were tried to be determined using passive sampling method. Both natural gas and coal are used for heating at these stations, which have been determined five stations in Giresun. Passive sampling tubes were kept in the kitchens of the houses for 30 days using coconut-based activated carbon. After the activated carbons in the collected sampling tubes were extracted, 38 PAH components were analyzed by GC-MS. One Way ANOVA-Tukey test is performed to show differences between. No statistically significant difference was observed between the two seasons ( $p>0.05$ ).

**Keywords:** Giresun, passive sampling, PAH, GC-MS, indoor air.

<sup>1</sup>Giresun Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Kimya Bölümü, Giresun, Türkiye aysun.turkmen@giresun.edu.tr

<sup>2</sup>Giresun Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Anabilim Dalı Doktora Mezunu/Araştırmacı, Giresun, Türkiye

<sup>3</sup>Giresun Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Giresun, Türkiye mustafa.turkmen@giresun.edu.tr

<sup>1</sup> <https://orcid.org/0000-0001-7461-4038> <sup>2</sup> <https://orcid.org/0000-0003-1880-4309> <sup>3</sup> <https://orcid.org/0000-0001-6700-5947>

## 1.Giriş

Kömürün, petrolün, gazın, odunun, çöpün tamamen yanması sonucu oluşan Poliaromatik hidrokarbonlar (PAH), kansorejen etkiye sahip zehirli maddelerdir. Poliaromatik hidrokarbonlar çevreye hava yoluyla girişleri; volkanlar, orman yangınları, odun ve kömürün ısınma amacıyla kullanıldığı yerleşim alanlarıyla motorlu taşıtların egzozlarından çıkan gazlar yoluyla gerçekleşmektedir. Organik yapıli bileşikler olan PAH'lar iki veya daha fazla benzen halkasına sahip hidrofobik özelliktedirler (Zhang ve ark., 2006; Wang ve ark., 2010). İki benzen halkasına sahip olanlar naftalin, üç benzen halkasına sahip olanlar antrasen ya da fenantren, daha fazla benzen halkasına sahip olanların ise kendilerine özgü isimleri vardır. Suda çözünürlüğü ise oldukça düşükken, yağda ki çözünürlüğü ise yüksektir. Bu özelliklerinden dolayı canlı dokuda birikerek besin zincirine girebilmektedir (Gaga ve Ari, 2011). Düşük buhar basıncına sahip olmasından dolayı hava da ki partiküller üzerinde tutunabilme özelliğine sahiptir. Bu özelliği ile PAH'lar, güneş ışınımı ile, ultraviyole ışınlarla maruz kaldığı zaman ışıkla bozunmaya uğrarlar. Atmosferde bulunan PAH'lar, nitrojen oksitler, ozon, sülfürik asitler ve sülfür oksitler gibi kirleticilerle reaksiyona girebilirler (WHO, 1987; ATSDR, 1994). Doğada 100'den fazla PAH bileşiği mevcuttur (ATSDR, 1995; Martorell ve ark. 2010). Fakat Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Birimi (United States Environmental Protection Agency, US-EPA) bu PAH bileşiklerinden 16 tanesini öncelikli kirleticiler olarak saymışlardır (EPA, 1999). Kansorejen olan bu 16 polisiklik aromatik hidrokarbon bileşiklerinin isimleri ise; Asenaftelen (Anp), Asenaften (Ane), Antrasen (An), Benzo[a]antrasen (BaA), Krisen (Chr), Benzo[b]floranten (BbF), Benzo[k]floranten (BkF), Benzo[a]piren (BaP), Benzo[g,h,i]perilen (BghiPy), Dibenzo[a,h]antrasen (DahA), Floren (Flr), Fenantren (Phe), Floranten (Flu), Naftalin (Np), Piren (Py), İndeno[1,2,3-cd]piren(IcdP)'dir (Alver ve ark., 2012).

Yarı uçucu özelliğe sahip PAH'lar bu özelliklerinden dolayı her yere taşınabilirler. Örneğin, Motorlu taşıtların egzozlarından çıkan PAH'lar dış hava aracılığıyla pencere, kapı gibi yapı unsurlarından iç ortamlara taşınabilir (Cheng ve ark., 2013; Krugly, 2013). Ayrıca iç ortamlarda mutfakta yapılan pişirme işlemi, sigara içmek, mum yakmak gibi eylemlerle doğrudan iç ortamda gerçekleşen yanmalarla da PAH oluşumu sıklıkla tekrarlanır. ABD'de yapılan bir araştırmaya göre insanların günlük zamanının %90'ını binalarda geçirmekte olduğu açıklanmıştır (Robinson ve Nelson, 1995). Bu değer göz önüne alındığında günlük hayatın uzunca bir bölümünü geçtiği iç ortamların hava kalitesinin dış ortam kadar önemli olduğu açıkça görülmektedir. Mutfaklarda gerçekleştirilen kavurma, kızartma ve ızgara yapımı sırasında hiç farkında olmadan PAH bileşiklerinin oluşumuna neden olunmaktadır. Bu işlemler sırasında sıcaklık 400°C'nin üzerine çıktığında Poliaromatik hidrokarbonların oluşumu söz konusu olmaktadır

PAH'lar kanserojendir. Özellikle Benzo(a)anthracene, Benzo(b+k)fluoranthene, Chrysene, Benzo(a)pyrene insanlar üzerinde etkileri olan önemli kanserojenik PAH bileşikleridir (Gaga ve Ari, 2011). Bu nedenle iç ortam havasında çok önem arz ederler. Yapısında ki benzen halkasına göre; dörtten az olan PAH'lar hafif PAH; dört ve daha fazla benzen halkası bulduranlar ise ağır PAH olarak tanımlanmaktadır (Danyi ve ark., 2009). Polisiklik aromatik hidrokarbonlar (PAH) kansorejen olma sınıfına göre gruplara ayrılmıştır. Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliği (Resmi gazete, sayı:19269 tarih:1986) ve Çevre ve Şehircilik Bakanlığının Sanayi Kaynaklı Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliğine göre (resmi gazete, 2014, sayı 29211) izin verilen sınır değerler aşağıdaki çizelge 1 ve tablo 1'de verilmiştir.

**Çizelge 1.** Polisiklik Aromatik Hidrokarbonlar (PAH) için izin verilen sınır değerler.

I inci sınıfa giren maddeler (0.5 g/h ve üzerindeki emisyon debileri için)	0.1 mg/m <sup>3</sup>
II nci sınıfa giren maddeler (5 g/h ve üzerinde emisyon debileri için)	1 mg/m <sup>3</sup>
III üncü sınıfa giren maddeler (25 g/h ve üzerindeki emisyon debileri için)	5 mg/m <sup>3</sup>

**Tablo 1.** Kanserojen maddeler.

I. sınıf	II. sınıf	III. sınıf
-Benzo(a)antrasen	-3,3'-Dikloro-(1,1'-bifenil)	-Akrilonitril
-Benzo(a)piren	-3,3-Diklorbenzidin (+tuzları)	-Benzen
-Benzo(j)florenten	-Dietyl sülfat	-1,3-bütadien
-Benzo(k)florenten	-Dimetil sülfat	-Bütadien
-Berilyum ve bileşikleri	-1,2-Epoksietan	-1-Klor-2,3-epoksipropan (Epiklorhidrin)
-Cr(VI) bileşikleri	-Etenoksit	-Kloreten
-Dibenzo(a,h)-antrasen	-Etilenoksit	-1,2-Dibrometan
-2-Naftilamin (+ tuzları)	-Nikel ve bileşikleri	-1,2-dikloreten
-2-Nitropropan		-1,2-Epoksipropan
		-Hidrazin (+tuzları)
		-Propen oksit
		-Propennitril
		-Propilen oksit
		-Vinil klorür

Giresun sanayi bölgesi olmamakla birlikte, sahil şeridi boyunca çok yoğun bir trafiğe maruz kalmaktadır. Bunun yanı sıra ısıtma ve evsel faaliyetleri de bir araya geldiğinde hepsinin hava kirliliğine olumsuz etkileri görülmektedir. Kirli hava rüzgarlarla taşındığı gibi yağışlarla birlikte de tekrar yeryüzüne inmektedir.

Çalışmamız da Giresun merkezden beş istasyon belirlenmiş mutfaklarına örnekleme tüpleri konarak, iç ortam havasında insanların maruz kaldığı PAH konsantrasyonları gözler önüne serilmiştir. Ayrıca iki mevsim (Ekim-Kasım, Şubat-Mart) PAH konsantrasyonlarına bakılarak

mevsim geçişlerinde iç ortamdaki durum hakkında bilgi edinilmeye çalışılmıştır. Daha önceki yıllara baktığımızda havada ki PAH bileşiklerinin Giresun ilinde iç ortamda çalışılmadığı görülmüş ve bu konuya açıklık getirmede bilimsel anlamda önemli bir çalışma olacağı düşünülmektedir.

## 2. Materyal-Metot

### 2.1 Araştırma Bölgesi

Araştırma bölgesi olarak Giresun ili, doğusunda Trabzon ve Gümüşhane, batısında Ordu, güneyinde Sivas ve Erzincan ile komşu olup kuzeyin de Karadeniz bulunmaktadır. Çalışma, 2018 yılının Ekim-Kasım ayları ile 2019 yılının Şubat-Mart ayları arasında iki mevsim (Sonbahar-Kış) olarak yapılmıştır. Bu çalışma Giresun il merkezi sahil kesimi boyunca gerçekleştirilmiştir.

Doğalgaz ve kömür kullanılan semtlerden beş istasyon belirlenmiş, iki mevsim de örnekleme yapılmıştır (Şekil 1).



Şekil 1. Pasif örnekleme tüplerinin yerleştirildiği istasyonlar.

Giresun'da kullanılan yakıtları gösteren tablo aşağıda verilmiştir.

**Tablo 2.** Giresun İlinde belirlenen istasyonlarda kullanılan yakıtlar.

İSTASYONLAR	DOĞALGAZ	KÖMÜR
Sanayi	-	+
Şehir Merkezi	+	+
Kumyalı	+	+
Çıtlakkale	+	+
Güre	+	+

## 2.2. Giresun İklimi ve Meteorolojisi

Karadeniz kıyılarında ılık ve yağışlı iklim görülür. Giresun il merkezinde yıllık ortalama sıcaklık 14.5 °C derece olmakla birlikte, en soğuk ayda (Şubat ayında) ortalama sıcaklık 4.3 °C derece iken, en sıcak ayda (Ağustos ayında) ise ortalama 26.6 °C derecedir (URL-1, 2018). Giresun İli 2018 Ekim-Kasım, 2019 Şubat-Mart ayları Meteorolojik Verileri Tablo 3'de verilmiştir.

**Tablo 3.** Giresun İli 2018 Ekim-Kasım, 2019 Şubat-Mart ayları Meteorolojik Verileri (URL-2, 2019).

Aylar	Ort. rüzgar hızı (m/sn)	Aylık max. rüzgar hızı	Aylık ort. Rüzgar yönü	Aylık max. Rüzgar yönü	Meteorolojik hadise	Ort. Sıcaklık (°C)	Ort. Nem (%)	Toplam yağış (kg/m <sup>2</sup> )
Ekim 2018	1.2	12.9	333.0 KKB (Yıldız-Karayel)	312.0 KB (Karayel)	Kuvvetli rüzgar (10.8 m/sn üzeri rüzgar hızı)	18.8	70.4	176.9
Kasım 2018	1.1	10.3	329.0 KKB (Yıldız-Karayel)	330.0 KKB (Yıldız-Karayel)	Sert rüzgar (8-10.7 m/sn)	13.8	69.0	159.0
Şubat 2019	1.4	12.3	313.0 KB (Karayel)	173.0 G (Kible)	Kuvvetli rüzgar (10.8 m/sn üzeri rüzgar hızı)	8.4	68.2	67.7
Mart 2019	1.4	14.4	318.0 KB (Karayel)	305.0 BKB (Güneybatı-Karayel)	Kuvvetli rüzgar (10.8 m/sn üzeri rüzgar hızı)	8.8	64.1	58.0

## 2.3 Yöntem

Atmosferden gaz halindeki kirleticiler pasif örnekleme tüpleri ile toplanmıştır. Hindistan cevizli aktif karbon toz haline getirilerek 3 saat etüvde kurutulmuş daha sonra cam krozelerde yakılmış ve soğutulduktan sonra 6 cm. uzunluğunda pasif numune tüplerinin orta kısmına (550± 30 mg.) aktif kömür ile doldurulmuş ve her iki ucu cam yünü ile kapatılmıştır. Hazırlanan pasif örnekleme tüpleri belirlenen istasyonlara basit rastgele örnekleme yöntemi ile yerleştirilmiştir. Belirlenen evlerin mutfakların da 30 gün bekletilmiş ve evlerden toplanmıştır.

Toplanan tüplerin içerikleri desorpsiyon için falcon tüplerine aktarılmış, desorpsiyon çözeltisi olarak düşük benzen içerikli karbon disülfür (CS<sub>2</sub>) den 2 mL ilave edilmiştir. Desorpsiyon işlemi için falcon tüpleri vidalı kapaklar ile kapatılarak ultrasonik banyo da yaklaşık 30 dakika ara ara çalkalanmıştır. Desorbe edilen ekstrakt viallere alınmış ve vialler vidalı kapaklar ile kapatılıp, numuneler Gaz Kromatografi- MS cihazında analiz edilmiştir. PAH standardı olarak, yüksek saflıkta standart PAH-HM16C 2000 µg/mL Metilen Klorür kullanılmıştır. Aşağıda ki şekilde bizim tarafımızdan hazırlanan pasif örnekleme tüpleri görülmektedir (Şekil 2.)



Şekil 2. Hazırladığımız örnekleme tüpleri.

## 2.4. Kullanılan Cihazlar

### 2.4.1. Gaz Kromatografi – Kütle Spektrometresi (GC-MS)

Numune analizi için Agilent marka GC-MS Spektrometresi (Gas chromatography–Mass spectrometry) cihazı kullanılmıştır. Cihazın özellikleri aşağıda ki çizelgede verilmiştir.

Çizelge 2. GC-MS cihazında kullanılan reaktif-malzemeler ve İşletim Parametreleri (URL-3, 2020).

GC kolonu	DB-VRX 122-1564; 260°C: 60m x 0,25mm x 1,40µm film.
Dedektör	Alev İyonizasyon Dedektör (FID).
Dedektör Gazları	FID Dedektör için yüksek saflıkta kuru hava ve hidrojen.
Taşıyıcı gaz	Tüm kromatografik sistemlerde numunenin taşınması için kullanılan yüksek saflıkta Helyum. Helyum 30 cm/sn. 45 °C'de.
Fırın Programı	45°C-10 dk.-12 °C /dk., 190 °C - 2 dk.-6 °C /dk., 225 °C - 1 dk.
Fırın max. Sıcaklık	260 °C
Örnekleme	Purge: Helyum 11 dk-40mL/dk.
Tutucu	Tenax/Silika jel/Karboşiv
Ön ısıtma	175 °C
Desorb	220 °C-0.6 dk.
Enjeksiyon	Split-110 °C
Split oranı	20:1
Split akışı	36 mL/min

## 2.5. İstatistik Analiz

İstatistiksel analizler için One-way ANOVA ile varyans analizi yapılmıştır. Tukey testi uygulanmıştır. Analizler için SPSS paket program kullanılmıştır.

## 3. Bulgular ve Tartışma

38 PAH bileşiğinin analizi Hindistan cevizli aktif karbon kullanılarak yapılmış olup, (-) ile gösterilen PAH'lar GC-MS'de tespit edilememiştir. Çizelge 3'de analizi yapılan PAH bileşiklerinin isimleri ve kısaltmalar gösterilmiştir.

Çizelge 3. Analizi yapılan PAH bileşiklerinin isimleri ve kısaltmaların gösterimi.

o-chlorotoluene	-
MCH	methylene-chloride
CH	chloroform
bromo-dichloro-methane	-
TDCPR	trans-1,3-dichloropropene
1,1,2-trichloroethane	-
DCHP	1,3-dichloropropane
DBCHM	Dibromochloromethane
1,2-dibromoethane	-
1,1,1,2-tetrachloroethane	-
CHBZ	chlorobenzene
ETB	ethylbenzene
PMXY	p+m xylene
bromoform	-
STY	styrene
TCHET	1,1,2,2-tetrachloroethane
OXYL	o-xylene
TCHP	1,2,3-trichloropropane
isopropylbenzene	
bromobenzene	
NPB	n-propyl-benzene
PCHT	p-chlorotoluene
TMTB	1,3,5-trimethylbenzene
TBB	tert-butylbenzene
TMB	1,2,4-trimethylbenzene
SECBB	sec-butylbenzene
DCHB	1,4-dichlorobenzene
1,3DCHB	1,3-dichlorobenzene
PCYM	p-cymene
1,2-dichlorobenzene	-
n-butylbenzene	-
1,2-dibromo-3-chloropr	-
1,2,4-trichlorobenzene	-
NAPHT	naphthalene
hexachloro-1,3-butadiene	-
1,2,3-trichlorobenzene	-
BNZN	benzene
toluene	



**Tablo 4.** 2018 yılı Ekim-Kasım ayları ve 2019 Şubat-Mart aylarında analiz edilen PAH bileşikleri ve değerleri (ppb=mg/m<sup>3</sup>).

	PAH İST.	MCH	CH	TDCPR	DCHP	DBCHM	CHBZ	ETB	PMXY	STY	OXYL	TCHET	TCHP	NPB	PCHT	TMTB	TBB	TMB	SECBB	DCHB	1,3 DCHB	PCYM	NAPT	BNZN	TOLUEN
		Ekim-Kasım 2018	Çıtlakkale	747 <sup>a</sup>	19,8 <sup>a</sup>	*	<b>140<sup>a</sup></b>	2,08 <sup>a</sup>	<b>11,3<sup>a</sup></b>	*	*	*	*	0,40 <sup>a</sup>	*	6,75 <sup>a</sup>	<b>1,49<sup>a</sup></b>	<b>1,49<sup>a</sup></b>	1,69 <sup>a</sup>	*	*	*	*	*	3,01 <sup>a</sup>
	Kumyalı	766 <sup>a</sup>	<b>26,6<sup>a</sup></b>	<b>1,50<sup>a</sup></b>	13,4 <sup>a</sup>	*	10,8 <sup>a</sup>	*	18,6 <sup>a</sup>	*	*	0,29 <sup>a</sup>	*	*	*	*	2,13 <sup>a</sup>	<b>14,9<sup>a</sup></b>	<b>0,15<sup>a</sup></b>	*	13,0 <sup>a</sup>	*	<b>11,3</b>	74 <sup>a</sup>	<b>205<sup>a</sup></b>
	Güre	<b>827<sup>a</sup></b>	15,5 <sup>a</sup>	*	59 <sup>a</sup>	*	8,48 <sup>a</sup>	15,2 <sup>a</sup>	33,2 <sup>a</sup>	<b>4,69<sup>a</sup></b>	21,1 <sup>a</sup>	0,08 <sup>a</sup>	0,08 <sup>a</sup>	*	1,09 <sup>a</sup>	1,09 <sup>a</sup>	0,60 <sup>a</sup>	12,9 <sup>a</sup>	0,01 <sup>a</sup>	*	14,7 <sup>a</sup>	*	10,6 <sup>a</sup>	65 <sup>a</sup>	24,0 <sup>a</sup>
	Merkez	446 <sup>a</sup>	10,7 <sup>a</sup>	0,66 <sup>a</sup>	*	*	*	*	8,28 <sup>a</sup>	1,83 <sup>a</sup>	*	<b>0,55<sup>a</sup></b>	<b>0,15<sup>a</sup></b>	4,23 <sup>a</sup>	*	*	1,88	*	*	*	7,50 <sup>a</sup>	*	3,50 <sup>a</sup>	116 <sup>a</sup>	7,2 <sup>a</sup>
	Sanayi	819 <sup>a</sup>	<u>17,2<sup>a</sup></u>	0,60 <sup>a</sup>	*	*	10,5 <sup>a</sup>	<b>29,9<sup>a</sup></b>	<b>37,3<sup>a</sup></b>	*	<b>31,5<sup>a</sup></b>	0,27 <sup>a</sup>	0,12 <sup>a</sup>	9,87 <sup>a</sup>	*	0,00 <sup>a</sup>	<b>2,67<sup>a</sup></b>	*	*	1,26 <sup>a</sup>	<b>16,8<sup>a</sup></b>	7,25 <sup>a</sup>	3,52 <sup>a</sup>	<b>180<sup>a</sup></b>	14,3 <sup>a</sup>
Şubat-Mart 2019	Çıtlakkale	809 <sup>a</sup>	25,2 <sup>a</sup>	*	<b>150<sup>a</sup></b>	3,12 <sup>a</sup>	<b>15,6<sup>a</sup></b>	*	*	*	0,3 <sup>a</sup>	1,23 <sup>a</sup>	*	9,56 <sup>a</sup>	<b>3,21<sup>a</sup></b>	<b>2,58<sup>a</sup></b>	4,27 <sup>a</sup>	*	*	*	*	*	7,8 <sup>a</sup>	72 <sup>a</sup>	29,8 <sup>a</sup>
	Kumyalı	812 <sup>a</sup>	<b>28,3<sup>a</sup></b>	<b>2,60<sup>a</sup></b>	17,9 <sup>a</sup>	*	12,3 <sup>a</sup>	18,2 <sup>a</sup>	19,6 <sup>a</sup>	<b>21,6<sup>a</sup></b>	*	0,67 <sup>a</sup>	*	*	*	5,62 <sup>a</sup>	5,49 <sup>a</sup>	14,9 <sup>a</sup>	<b>0,98<sup>a</sup></b>	*	14,6 <sup>a</sup>	3,77 <sup>a</sup>	<b>15,2<sup>a</sup></b>	81 <sup>a</sup>	<b>211<sup>a</sup></b>
	Güre	<b>902<sup>a</sup></b>	21,2 <sup>a</sup>	*	69 <sup>a</sup>	*	9,45 <sup>a</sup>	15,2 <sup>a</sup>	38,5 <sup>a</sup>	8,49 <sup>a</sup>	23,5 <sup>a</sup>	0,26 <sup>a</sup>	1,98 <sup>a</sup>	6,47 <sup>a</sup>	2,10 <sup>a</sup>	0,73 <sup>a</sup>	3,01 <sup>a</sup>	<b>15,9<sup>a</sup></b>	0,08 <sup>a</sup>	*	19,7 <sup>a</sup>	*	10,9 <sup>a</sup>	69 <sup>a</sup>	25,8 <sup>a</sup>
	Merkez	520 <sup>a</sup>	15,3 <sup>a</sup>	0,89 <sup>a</sup>	*	*	*	*	10,6 <sup>a</sup>	3,78 <sup>a</sup>	*	<b>1,89<sup>a</sup></b>	<b>0,94<sup>a</sup></b>	*	*	*	2,86 <sup>a</sup>	*	*	*	7,90 <sup>a</sup>	*	7,11 <sup>a</sup>	120 <sup>a</sup>	9,12 <sup>a</sup>
	Sanayi	892 <sup>a</sup>	<u>19,5<sup>a</sup></u>	0,77 <sup>a</sup>	*	*	11,9 <sup>a</sup>	<b>32,7<sup>a</sup></b>	<b>48,3<sup>a</sup></b>	2,93 <sup>a</sup>	<b>38,4<sup>a</sup></b>	0,67 <sup>a</sup>	0,25 <sup>a</sup>	15,9 <sup>a</sup>	*	5,43 <sup>a</sup>	<b>4,29<sup>a</sup></b>	4,2 <sup>a</sup>	*	2,05 <sup>a</sup>	<b>17,4<sup>a</sup></b>	9,32 <sup>a</sup>	6,62 <sup>a</sup>	<b>192<sup>a</sup></b>	15,2 <sup>a</sup>

Ren ve arkadaşlarının Shanghai, Çin’de yaptıkları bir çalışmalarında, yurt, ofis ve laboratuvar da bulunan 27 bilgisayarın fanlarından alınan toz örneklerinde PAH derişimlerine bakmışlar, Toz örneklerdeki PAH derişimleri sırasıyla; 8.22µg/g ila 42.04µg/g arasında değişmekte olup derişimleri en yüksek olan PAH’lar; BbF, BgP, DbA, BaP olarak bulunmuştur. Ayrıca sigara içilen ortamlarda ki PAH derişimleri diğer odalardakilerden 1,35-2,87 kat daha fazla olarak bulunmuştur. Bu örneklerle karşılaştırılmak için altı tane de pencere önünden toz örnekleri alınmıştır. Yapılan analizlerde bu örneklerdeki PAH derişimlerinin bilgisayarlardan alınan örneklerden daha düşük olduğu bulunmuştur. Bunun sebebinin bilgisayarda bulunan plastik parçalarının ısınması sonucu PAH açığa çıkabileceğini ve bu parçalar üzerinde birikebileceğini yorumunu yapmışlardır (Ren ve ark., 2006).

Esen ve Kayıkçı’nın (2017) Temmuz – Aralık (2014) ayları arasında yapmış oldukları çalışmada, Bursa’da ki on iki farklı evden toplanan örnekler de Poliaromatik hidrokarbonların konsantrasyonlarını belirlemişlerdir. PAH konsantrasyonu yazın; mutfak ve oturma odası iç ortam havasında sırasıyla 22±28, 20±17 ng/m<sup>3</sup> olarak belirlenmiş olup, Sonbahar da ise; mutfak ve oturma odası için sırasıyla 21±10, 27±19 ng/m<sup>3</sup> konsantrasyonların da bulunmuştur. Esen ve Kayıkçı (2017) sonuç olarak; çocukların kansere yakalanma oranının yetişkinlere göre, yaz mevsimine nispeten sonbahar mevsiminde yaklaşık iki buçuk kat daha fazla olduğunu belirtmişlerdir. PAH kirletici kaynaklarının ısınmaya bağlı olarak ortaya çıkmış olduğu tespit edilmiştir.

Uçucu organik bileşiklerin kronik ve akut sağlık etkileri üzerine yapılan çalışmalarda, UOB’lerin düşük dozlu olanlarının astıma ve diğer bazı solunum yolu hastalıklarına neden olduğu, İsveç’te gerçekleştirilen bir araştırmada da UOB’lara maruz bırakılan 20 ila 45 yaş aralığında 88 astım hastasında nefes darlığı şikayetlerinde artış olduğu gözlemlenmiştir (Leovic ve ark., 1998). Yüksek konsantrasyonlarda ki UOB’ların ise merkezi sinir sistemi üzerinde narkotik etki yaptığı bulunmuştur (Raiyani ve ark., 1993). Yapılan başka bir araştırma da 8 µg m<sup>-3</sup> konsantrasyondaki UOB’a maruz kalan hastalarda soluk borusu mukozasında bozulmalar görülmüştür (Breysse, 1984). Farklı bir çalışmada da yüksek dozdaki UOB’ların sinir sistemine ait fonksiyonlarda bozulmalara neden olduğu görülmüştür (Molhave, 1991). Deneysel bir çalışma sonunda, 25 µg m<sup>-3</sup> konsantrasyona ve 22 farklı uçucu organik bileşiğe maruz kalan bireylerde yorgunluk, uyuşukluk ve baş ağrısı şikayetleri görülmüştür (Burton, 1997). Toluene gibi bazı UOB’lerin 188 µg m<sup>-3</sup> seviyelerine ulaştığında uyuşuk, zihinsel karışıklık, baş dönmesi gibi belirtiler verdiği, ilerleyen zamanlar da şikayetlerin kasılmalara, komaya kadar gittiği ve 35000 µg m<sup>-3</sup>’ü geğen konsantrasyonlarda ise ölüme sebep olduğu görülmüştür (Lee ve ark., 2001). Deneysel hayvanları üzerinde yapılan araştırmalara göre, benzen, vinil klorür, p-dikloro-benzen, kloroform, etilen dibromür, metil klorür ve karbon tetra klorür 1x10<sup>-6</sup> konsantrasyona ulaştığın da kanser tehlikesini minimum on kat arttırmaktadır (Otto ve ark., 1992).

Mevsimsel olarak değerlendirdiğimizde; Kasım ayında okunan sonuçlarla Mart ayında okunan sonuçlara istatistiksel olarak baktığımızda anlamlı bir fark görülmemektedir ( $p>0.05$ ). İstasyonları birbiri içerisinde değerlendirdiğimizde de Ekim-Kasım ayında okunan 24 PAH bileşinde istasyonlar arası önemli bir fark yoktur. Şubat- Mart aylarında da istasyonlar arasında yine önemli bir fark görülmemiştir ( $p>0.05$ ). Ekim-Kasım 2018 ve Şubat-Mart 2019 konsantrasyonlarına istasyon bazında baktığımızda en yüksek değerler koyu işaretle gösterilmiştir. Mesela her iki mevsimde de Naftalin' de Kumyalı'da, Benzen de Sanayi, Toluen de Çıtlakkale istasyonlarında en yüksek değerler okunmuştur. Aradan dört ay geçmesine karşın yine aynı istasyonlarda yüksek çıkması da dikkat çekicidir. İki mevsimde de DBCHM sadece Çıtlakkale' de, DCHB'de Sanayi istasyonun da okunmuştur. TCHP'de en yüksek konsantrasyon Merkez de çıkmıştır. Genel itibarı ile baktığımızda en yüksek konsantrasyonlar Çıtlakkale ve Sanayi istasyonlarında bulunmuştur.

Yapılan tüm çalışmalara baktığımızda bizim çalışmamızla benzerlik gösterdiği görülmüştür. Mutfaklarda ki pişirmenin sürekli devam etmesi, şehirde hem doğal gaz hem kömür kullanımının birlikte olması nedeniyle rüzgâr taşınımı ile iç ortamın etkilenebileceği gibi faktörler de göz önüne alındığında analiz sonuçlarında istatistik açıdan anlamlı bir farkın çıkmamasının normal olacağı düşüncesindeyiz. Bu çalışmanın Giresun ilinin tamamıyla doğal gaza döndükten sonra ve her mevsim analizlerin tekrarlanması iki veri arasında ki gerçekleri ortaya serecektir.

#### 4. Sonuçlar ve Öneriler

İç ortamda yaptığımız analiz sonuçları göstermiştir ki; sonbahar sonu (Ekim-Kasım 2018) elde edilen sonuçlarla kışın sonu (Şubat-Mart) elde edilen konsantrasyon değerleri birbirine yakın çıkmıştır. Fakat kış sonu değerlerinin yükseldiği görülmüştür. Sağlık ve Güvenlik önlemleri hakkında ki Yönetmelikte Benzene mesleki maruziyet sınır değeri  $3,25 \text{ mg/m}^3$  olarak verilmiştir. Okuduğumuz değerler ise yüksektir. Benzenin en yüksek konsantrasyonu sanayi istasyonunda çıkmıştır. Naftalinin mutfakta ki en yüksek değeri Kumyalı istasyonun da tespit edilmiştir. Maruziyet sınır değeri naftalin için  $50 \text{ mg/m}^3$  olduğundan bulunan değerler düşük çıkmıştır.

İstatistiksel olarak baktığımızda hem istasyonlar arasında hem de mevsimsel olarak anlamlı bir fark yoktur ( $p>0.05$ ). Bu çalışmanın uzun dönem de yapılmasının daha anlamlı olacağı ve bizim çalışmamızda üç ay geçmesine rağmen okunan değerlerin birbirine yakın olması da dikkat çekicidir. Dört mevsim okuma yapıldığı takdirde daha anlamlı sonuçlar elde edilebileceği düşüncesindeyiz. Ayrıca gıda pişiriminde kızartmadan çok haşlama, buharda pişirme gibi yöntemlerle gıdaların pişirilmesi ve kullanılan yağların da ısıl işleminden geçirilmiş yağlar olmamasına dikkat edilmesi gerektiği ve insanların poliaromatik hidrokarbonlara maruz kalma şekli ile ilgili bilgilendirmelerin yapılması öngörülmektedir.

## **Teşekkür**

Bu çalışma Giresun Üniversitesi BAP birimi tarafından FEN BAP-A-230218-11 projesi ile desteklenmiştir.

## **Yazarların Katkısı**

Tüm yazarlar çalışmaya eşit katkıda bulunmuştur.

## **Çıkar Çatışması Beyanı**

Yazarlar arasında herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

## **Araştırma ve Yayın Etiği Beyanı**

Yapılan çalışmada araştırma ve yayın etiğine uyulmuştur.

## **Kaynaklar**

- Alver E., Demirci A., Özçimder M., (2012). Polisiklik Aromatik Hidrokarbonlar ve Sağlığa Etkileri. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi* 3 (1): 45-5.
- ATSDR, (1994). Toxicological profile for polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH): update. U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Services, Agency for Toxic Substances and Disease Registry, Atlanta.
- ATSDR, Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). (1995). Toxicological profile for polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs). Atlanta (GA): Department of Health and Human Services, Public Health Service, USA.
- Breyse Pa. (1984). Formaldehyde levels and accompanying symptoms associated with individuals residing in over 1000 conventional and mobile homes in the state of Washington. *Indoor Air*. 3:403-408,
- Burton Bt. (1997). Volatile organic compounds. *Indoor Air Pollution and Health*. Marcel Dekker, New York.
- Cheng, H., Deng, Z., Chakraborty, P., Liu, D., Zhang, R., Xu, Y., Luo, C., Zhang, G., Li, J, (2013) A comparison study of atmospheric polycyclic aromatic hydrocarbons in three Indiana cities using puf disk passive air samplers, *Atmospheric Environment*, 73,16-21. doi.org/10.1016/j.atmosenv.2013.03.001
- Danyi, S., Bose, F., Brasseur, C., Schneider, Y.J., Larondelle, Y., Pussemier, L. (2009). Analysis of EU priority polycyclic aromatic hydrocarbons in food supplements using high performance liquid chromatography coupled to an ultraviolet, diode array or fluorescence detector. *Analytica Chimica Acta*, 633, 293–699.
- EPA, US Environmental Protection Agency (EPA), (1999). Compendium Method TO-13A, Cincinnati, OH, USA.
- Esen, F., Kayıkçı, G. (2017). İç ve dış ortam hava örneklerindeki PAH'ların İncelenmesi: Bursa Örneği. *Uludağ Üni. Müh. Fak. Dergisi*, Cilt 22, Sayı 3. DOI:10.17482/uumfd.331620.

- Gaga, E.O., Ari, A., (2011). Gas-Particle partitioning of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in an urban traffic site in Eskişehir, Turkey, *Atmospheric Research*,99,207-216. doi:10.1016/j.atmosres.2010.10.013.
- Krugly, E., M. D. (2013) Characterization of particulate and vapor phase polycyclic aromatic hydrocarbons in indoor and outdoor air of primary schools, *Atmospheric Environment*, 82, 298-306. doi: 10.1016/j.atmosenv.2013.10.042
- Lee Sc, Lam S, Fai Hk. (2001). Characterization of UOBs, ozone, and PM10 emissions from office equipment in an environmental chamber. *Build. Environ.* 36:837-842.
- Leovic Kw, Whitaker Da, Norheim C., Sheldon Ls. (1998). Evaluation of test method for measuring indoor air emission from dry-process photocopiers. *J. Air Waste Manage. Assoc.* 48:915-923.
- Martorell, I., Perelló, G., Martí-Cid, R., Castell, V., Juan M.Llobet, J.M., Domingo, J.L. (2010). Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH) in foods and estimated PAH intake by the population of Catalonia, Spain: temporal trend. *Environment International*, 36, 424–432.
- Molhave L. (1991). Indoor climate, air pollution and human comfort. *Journal of Exposure Analysis and Environmental Epidemiology*. 1(1): 63-81.
- Otto D, Hundell H, House D, Molhave L, Counts W. (1992). Exposure of humans to a volatile organic mixture. I. Behavioural assessment. *Archives of Environmental Health*. 47(1):23-30.
- Raiyani, C.V., Shah, S.H., Desai, N.M., Venkaiah, K., Patel, J.S., Parikh, D.J.,Kashyap, (1993). “Characterization and problems of indoor pollution due to cooking stove smoke,” *Atmos. Environ.*, vol. 27A (11), pp. 1643–1655.
- Robinson, J., Nelson, WC. (1995) National human activity pattern survey data base. United States Environmental Protection Agency, Research Triangle Park.
- URL-1: <https://mgm.gov.tr/?il=Giresun> web adresinden 11.06.2018 tarihinde erişildi.
- URL-2: <https://mgm.gov.tr/?il=Giresun> web adresinden 20.08.2019 tarihinde erişildi.
- URL-3: <http://www.agilent.com/chem/store> web adresinden 06.02.2020 tarihinde erişildi.
- Wang, X.Y., Li, Q.B., Luo, Y.M., Ding, Q., Xi, L.M., Ma, J.M., Li, Y., Liu, Y.P., Cheng, C.L. (2010). Characteristics and sources of atmospheric polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in Shanghai, China. *Environmental Monitoring and Assessment*, 165, 295–305.
- World Health Organization (WHO) Regional Office for Europe. (1987). “Aromatic hydrocarbons (PAHs), In: Air Quality Guidelines for Europe”.
- Y. Ren, T. Cheng, and J. Chen, (2006). Polycyclic aromatic hydrocarbons in dust from computers: one possible indoor source of human exposure. *Atmospheric Environment*, vol. 40, no. 36, pp. 6956–6965, Nov.
- Zhang, J.L.G., Li, X.D., Qi, S.H., Liu, G.Q., Peng, X.Z. (2006). Source seasonality of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in subtropical city, Guangzhou, South China. *Science of the Total Environment*, 355, 145–155.