

# ZONGULDAK'TA HAVA KİRLİLİĞİ (PM<sub>10</sub> & SO<sub>2</sub>) İLE İLİŞKİLİ OLARAK SEÇİLMİŞ SOLUNUM YOLU HASTALIKLARININ ZAMANSAL VE MEKÂNSAL DEĞİŞİMİ<sup>1</sup>

Şermin TAĞIL<sup>2</sup>  
Serpil MENTEŞE<sup>3</sup>

## ÖZ

Bu çalışmada, Zonguldak'ta hava kirliliği ile ilişkili olarak solunum yolu hastalıkları şikâyetiyle hastaneye olan başvuruların zamansal ve mekânsal paternini araştırılmıştır. Bu amaçla, 2006-2009 dönemine ait astım, bronşit, kronik obstrüktif akciğer hastalığı (KOAH) ve üst solunum yolu enfeksiyonu (ÜSYE) şikâyetiyle hastaneye olan başvurular ve hava kirleticilerinden kükürt dioksit (SO<sub>2</sub>) ve partiküler madde (PM<sub>10</sub>) ile ilgili veriler incelenmiştir. PM<sub>10</sub> ve SO<sub>2</sub> konsantrasyonu ile ÜSYE dışındaki hastalıklar arasında istatistiksel olarak anlamlı pozitif bir korelasyon olduğu gözlenmiştir. Ancak, SO<sub>2</sub> ile hastane başvuruları arasında, PM<sub>10</sub> dan daha yüksek anlamlı pozitif bir ilişki olduğu tespit edilmiştir. Küresel düzeyde hastalıkların kümelenmesi, Küresel Moran I, Geary Oranı ve Küresel Getis-Ord G istatistikleri kullanılarak hesaplanmıştır. Küresel kümelenme hiçbir mahallede istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır. Aksine, hastane başvuruları çalışma alanına rastgele dağılmıştır. Bu küresel sonuç, kentsel çevrenin hastaneye başvurular üzerinde çok az veya hiç etkili olmadığını göstermektedir. Anselin Lokal Moran I ve Lokal Getis-Ord Gi\* istatistikleri küresel desende belli olmayan yerel kümelenmenin olup olmadığını gösterebilmek için kullanılmıştır. Yerel mekânsal otokorelasyon istatistikleri ile hastalıkların mekânsal dağılımında istatistikî olarak anlamlı sınırlı bir kümelenme belirlenmiştir. Ayrıca, yüksek değerlerden oluşan hastane başvurularının (sıcak noktalar) ve düşük değerlerden oluşan hastane başvurularının (soğuk noktalar) olduğu alanlar belirlendi ve haritalandı. Genel olarak, bu çalışma, mekânsal analiz ve Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) uygulamalarıyla hava kirliliğine maruz kalmanın daha iyi tahmin edilebileceğini; insanların solunum sağlığı ile hava kirliliği arasındaki ilişkinin daha güçlü bir şekilde ortaya konulabileceğini göstermektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Hastane başvuruları, Hava kirliliği (PM<sub>10</sub>-SO<sub>2</sub>), Solunum sistemi hastalıkları, Mekânsal otokorelasyon, Zonguldak

1 Bu çalışma Balıkesir Üniversitesi Rektörlüğü Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) birimi tarafından BAP 2011/38 kodlu proje ile desteklenmiştir.

2 Doç.Dr. Balıkesir Üniversitesi, Fen&Edebiyat Fakültesi, Coğrafya Bölümü, 10145-Balıkesir,

3 Arş.Gör. Bilecik Üniversitesi, Fen&Edebiyat Fakültesi, Coğrafya Bölümü, 11210-Gülümbe/Bilecik

## SPATIAL AND TEMPORAL VARIATIONS OF SELECTED RESPIRATORY DISEASES IN RELATION TO AIR POLLUTION IN ZONGULDAK

### ABSTRACT

In this study, spatial and temporal patterns of the number of hospital admissions because of respiratory diseases, in relation to air pollution in Zonguldak in Turkey was investigated. For this purpose, hospital admissions data for asthma, bronchitis, chronic obstructive pulmonary disease (COPD) and the upper respiratory tract infection (URI), and data for sulphur dioxide (SO<sub>2</sub>) and particulate matter (PM<sub>10</sub>), for the period 2006-2009 were used. The results suggest that statistically significant positive correlation has between the number of admissions for each diseases, except URI, and SO<sub>2</sub> and PM<sub>10</sub> concentrations. However, it was found that SO<sub>2</sub> has higher significant positive association with admissions than PM<sub>10</sub>. Clustering was measured using Global Moran's I, Geary's Ratio and Global Getis-Ord G Statistics at the global level. None of the neighborhoods exhibit statistically significant evidence of global clustering. On the contrary, they are scattered randomly on the study area. This global result suggests that the built urban environment has little or no effect on the likelihood of finding hospitalization. Anselin Local Moran I and Local Getis-Ord Gi\* statistics are used to evaluate the existence of local clustering not evident within the global neighborhood patterns. The local spatial autocorrelation statistics identified limited clustering in the distribution of admissions. And also, hospital admission clusters of high values or 'hot spots' and hospital admission clusters of low values or "cold spots" were identified and mapped. Overall, this study suggests that the application of spatial analysis and GIS method can provide better estimates of exposure to air pollution, and therefore a stronger association between people's respiratory health and air pollution can be put forward.

**Key Words:** Air Pollution (PM<sub>10</sub>-SO<sub>2</sub>), Hospital admissions, Respiratory Diseases, Spatial autocorrelation, Zonguldak

### 1. GİRİŞ

Hastalıkların (alerji, kanser, solunum hastalıkları vb) ve hatta insanların yorgunluk ile stres hislerinin bir yerden diğerine değişmesi yaşanan mekân ile direk ilişkilidir. Günümüzde hayat standartları artmasına rağmen solunum yolu hastalıklarının (SYH) bazı bölgelerde hala risk oluşturması da mekânsal farklılıkların bir sonucudur. Solunum yolu hastalıklarının nedenleri arasında sosyo-ekonomik durum, yaşam biçimi ve yetersiz sağlık hizmetleri gibi farklı faktörler olmakla birlikte en önemli neden hava kirliliği ve dolayısıyla coğrafi mekândır (Nuhoğlu ve Türkmen 1993; Gökbel ve Uzun 1995; Öztürk 2005). Nitekim hava kirliliği seviyesi ile solunum sistemi sorunları ve hastalıkları arasında ilişkinin olduğunu gösteren birçok çalışma bulunmaktadır (Fusco ve ark. 2001; Berkaş ve Bircan 2003; Tağl

2007, Babin ve ark. 2008). Partiküler madde (PM), solunum sorunlarına; bronşite; artan astım, akciğer veya kalp sorunlarına; göz, boğaz ve burun tahrişlerine; üst ve alt solunum sistemi hastalıklarına neden olmaktadır (Öztürk 2005; Babin ve ark. 2008, Tecer ve ark. 2009). Kükürt dioksit (SO<sub>2</sub>) de özellikle astım ve kronik akciğer hastalığı bulunan kişilerde solunum yollarının daralmasına ve kronik solunum hastalığına; üst solunum yollarında absorbe olarak bronşit, kronik obstrüktif akciğer hastalıkları (KOAHA) ve diğer akciğer hastalıklarına neden olmaktadır (Ünsal ve ark. 1999; Öztürk 2005; İlkılıç ve Behçet 2006).

*Coğrafi Epidemiyoloji ve Sağlık Coğrafyası* sağlık sorunlarını coğrafi prensiplerle analiz etmekte; mekânsal-zamansal desenini tanımlanmakta; hastalıkların dağılımını haritalamakta ve hastalıkların mekânda gösterdiği kümelenmeyi ortaya koymaktadır (Mayer 1982; Rosenberg 1998). Öncelikle, hastalıkların mekânsal deseninin bilinmesi hastalığın nedenleri hakkında ipuçları sağlayabilmektedir. Coğrafi çalışmalarda hastalıkların nedenlerini gösteren örnekler nadirdir. Genellikle coğrafi çalışmalarda hastalıkların coğrafi dağılımındaki nedenler hakkında hipotezler üretilmekte ya da diğer araştırma disiplinlerinin önerileri coğrafi olarak test edilmektedir. Tabii ki bu tür bilgiler, sağlık konusunda stratejilerin planlanmasında ve daha ayrıntılı epidemiyolojik analizler için faydalıdır.

Hastalıkların mekânsal deseninin ortaya konması ve dolayısı ile haritaların hastalıkların nedenlerini ortaya koymada önemli bir araç olduğu ilk defa Snow tarafından 1855 te ortaya konmuştur (Snow 1855). Mekânda hastalıkların incelenmesi 19. yy ortalarında başlamakla birlikte mekânsal istatistiksel yöntemler ve teknoloji alanındaki gelişmeler nedeniyle son yıllarda hızlı bir büyüme yaşanmıştır (Lawson ve ark. 1999; Elliott ve ark. 2000; Nunes 2007). Günümüzde mekânsal analizler genellikle, bulaşıcı hastalık, kanser ve hava kirliliği epidemiyolojisinin desenini tanımlamak için kullanılmaktadır (Sridharan ve ark. 2007). Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) çevre-sağlık ilişkisinin detaylı incelenmesinde birçok araç (Jarup 2004; Nuckols ve ark. 2004).

Hava kirliliğinin ve çevre sorunlarının önemli bir unsuru olan SO<sub>2</sub> ve PM<sub>10</sub> seviyelerinde gelişmiş ülkelerde gerileme yaşanmasına rağmen; Türkiye gibi gelişmekte olan ülkelerde ve büyük metropollerde seviyeler hala yüksek düzeylerde seyretmektedir (Bayram 2005). Öyle ki, Zonguldak ekonomisi kömür ve kömüre dayalı sanayilere bağlı olan ve bu nedenle endüstriyel hava kirliliği sorunu yaşayan kentlerden sadece biridir (Tecer 2007). Bu özelliği nedeniyle, Zonguldak hava kirliliği ve sağlık arasındaki ilişkinin coğrafi prensiplerle araştırıldığı bu çalışmada çalışma alanı olarak belirlenmiştir. Çalışmanın amacı, Zonguldak şehir merkezinde, hava kirliliği (PM<sub>10</sub> ve SO<sub>2</sub>) ile ilişkili olarak seçilmiş solunum yolu hastalıklarının (Astım, Bronşit, KOAHA, Üst Solunum Yolu Enfeksiyonu) zamansal ve mekânsal deseninin ortaya konmasıdır. Bu amaçla, hava kirleticileri ile hastane başvurularının zamansal değişimi ortaya konulmuş ve aralarındaki ilişkinin anlamlılık düzeyi belirlenmiştir. Mekânda kirleticilerin dağılışı, çalışmanın sınırlılıkları nedeniyle,

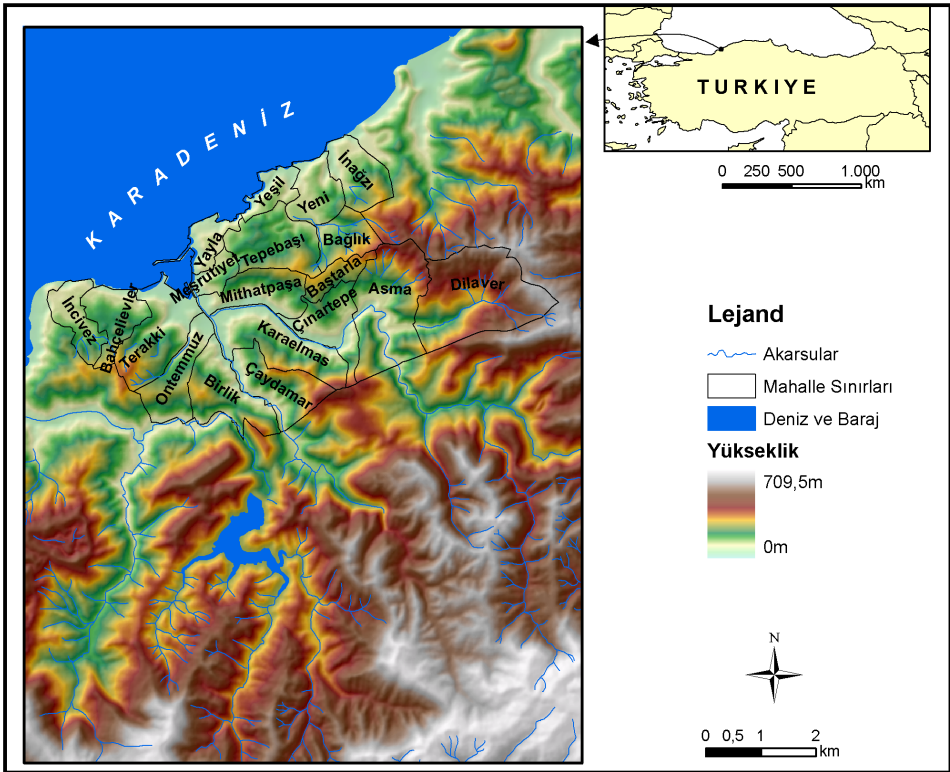
modellenememiş; bu nedenle hastalıkların coğrafi dağılışındaki nedenler hakkında daha önce diğer disiplinler tarafından yapılan çalışmalardan elde edilen sonuçlar dikkate alınarak hipotezler üretilmiştir.

## 2. MATERYAL VE METOT

### 2.1. Araştırma Alanının Konumu ve Yakın Çevre Özellikleri

Çalışma alanı, Karadeniz Bölgesi'nin, Batı Karadeniz Bölümü kıyısında kurulmuş, 19 mahalleden oluşan Zonguldak şehir merkezini (Şekil 1) kapsamaktadır. Kent, yüksekliği deniz seviyesi ile 650 m arasında kalan engebeli bir topografyada kurulmuştur (Şekil 1). Kent merkezinin güneyinde yükselti artmaktadır.

İklim özellikleri bakımından Zonguldak şehir merkezinde Karadeniz iklimi görülmekte olup, her mevsim yağışlı ve ılımandır. Zonguldak'ta hakim rüzgâr yönü ESE olup bu yönü NNW izlemektedir. Türkiye İstatistik Kurumuna göre 2007 yılındaki nüfus sayımında Zonguldak merkez nüfusu 107 354 ve 2009 yılında ise 108 792 kişidir. Zonguldak'ta taşkömürü üretimi 1848 yılında başlamıştır. Bu nedenle ekonomisi kömür ve kömüre dayalı sanayilere bağlıdır.



Şekil 1. Çalışma alanının lokasyon haritası.

## 2.2 Veri

**Hava Kirliliği Verileri:** Zonguldak kentinin 2006-2009 dönemine ait hava kirleticilerinden  $SO_2$  ve  $PM_{10}$  ile ilgili veriler aylık olarak, Zonguldak İl Çevre ve Orman Müdürlüğü, Zonguldak Sağlık Müdürlüğü ve Halk Sağlığından alınmıştır.

**Sağlık Verileri:** Bu çalışmada bütün solunum yolu hastalıkları değil, teşhisi kronik obstrüktif akciğer hastalığı (KOAH), astım, bronşit ve üst solunum yolu enfeksiyonu (ÜSYE) olan hastaların hastanelere başvuruları incelenmiştir. Bu kapsamda, Zonguldak Atatürk Devlet Hastanesine, Zonguldak Uzun Mehmet Göğüs ve Meslek Hastalıkları Hastanesine, Zonguldak Kadın Doğum ve Çocuk Hastalıkları Hastanesine başvuran hastalar incelenmiştir. Söz konusu hastalıklar ile ilişkili verileri; hastaların beyan ettiği ikametgâh adresleri, teşhisleri ve başvuru tarihleri oluşturmaktadır. Çalışmada Zonguldak şehri dışından olan hasta başvuruları dikkate alınmamıştır.

**Sayısal haritalar:** Çalışma alanının konum özelliklerini ortaya koymak için 1:25.000 ölçekli topoğrafya haritalarının F27-b1 nolu paftası koordinatlandırılmış ve sayısallaştırılmıştır. Topografya haritası sayısallaştırıldıktan sonra Zonguldak kenti ve yakın çevresini kapsayan 20 metre mekânsal çözünürlükte sayısal yükseklik modeli (SYM) oluşturulmuştur. Zonguldak şehrinin mahallerini kapsayan analog harita Zonguldak Belediyesinden alınmış, koordinatlandırılmış ve sayısallaştırılmıştır.

## 2.3 Analiz

**Zamansal Değişim:** Zaman içinde hava kirleticilerinin ve hastane başvurularının nasıl değiştiği, zaman bağımsız değişkeni dikkate alınarak, “Tek Değişkenli Doğrusal Regresyon Analizi” ile incelenmiştir. “Belirtme Katsayısı ( $R^2$ )” doğrusal modelin uyum derecesini göstermek için kullanılmıştır.

**Korelasyon:** Bu çalışmada bağımlı değişken olarak solunum yolu hastalıklarından hastaneye olan başvurular, bağımsız değişken olarak ise  $SO_2$  ve  $PM_{10}$  dikkate alınmıştır. Bağımlı değişkenlerin diğer bağımsız değişkenlerden nasıl etkilendiğini ortaya koymak için Pearson ‘Bivariate’ Korelasyon analizi yönteminden yararlanılmıştır. Değişkenler arasındaki ilişki hakkında genel bir bilgi elde edinebilmek için Saçılım (scatterplot) grafikleri hazırlanmıştır. Ancak, ilişkinin miktarı konusunda yorum yapabilmek için korelasyon katsayısı hesaplanmıştır. Korelasyon katsayısının ( $r$ ) gücü: 0.00 - 0.25, çok zayıf ilişki; 0.26 - 0.49, zayıf ilişki; 0.50 - 0.69, orta ilişki; 0.70 - 0.89, yüksek ilişki; 0.90 - 1.0, çok yüksek ilişki olarak tanımlanmıştır.

**Mekânsal Otokorelasyon:** Mekânsal otokorelasyon analizleri için, hastanelere olan her bir hastalığa ait aylık ortalama hastane başvuruları mahalle haritaları ile eşleştirilmiş ve nüfus ile orantılanmıştır. Bu çalışmada, mekâna dağılışı

Moran I (I) ve Geary Oranı (C) ile; yüksek başvuruya sahip olan mahalleler ile düşük başvuruya sahip mahallelerin kümelenme yapıp yapmadığı ise Getis-Ord G istatistiği ile analiz edilmiştir. Bu yöntemler ile ilgili ayrıntılı bilgiler, Cliff ve Ord 1981 ve Lee ve Wong 2000'den elde edilebilir.

Moran I (I) -1 (negatif mekânsal oto-korelasyon) ile +1 (pozitif mekânsal oto-korelasyon) arasında değişen değerleri vermektir (Moran 1948). Negatif değerler komşu mahallelerin çok farklı değerlere sahip olduğunu, yani saçılmışlığı; pozitif değerler komşu mahallelerin benzer değerlere sahip olduğunu, kümelenme olduğunu; 0 ise mahallelere bağlı olarak hastane başvurularında belirli bir sistematığın olmadığını, rastgele dağıldığını göstermektedir (Cliff ve Ord 1981). Geary oranı ise 0 ile 2 arasında değişmektedir. 0, bütün komşu mahallelerin benzer sayıda hastane başvurularına sahip olduğu pozitif mekânsal oto-korelasyonu; 1 mekânsal oto-korelasyon olmadığını; 2 ise benzer olmadığını, birbirinden farklı olduğunu gösteren negatif oto-korelasyonu ortaya koymaktadır (Lee ve Wong 2000). Küresel Getis-Ord G İstatistiği sıcak alanları (hot spot) ve soğuk alanları (cold spot) ortaya koymak amacıyla kullanılmıştır (Ord ve Getis 1995). Burada yüksek pozitif z değerleri, mekânsal desenin yüksek değerde kümelerden oluştuğunu, tam tersi durum ise düşük değerde kümelerden oluştuğunu göstermektedir (Lee ve Wong 2000).

Çalışma alanı genelinde komşu mahallelere ait değerlerin birbirleri ile nasıl ilişkili olduğunu ortaya koyabilmek için "Anselin Lokal Moran I" hesaplanmış ve haritalanmıştır. İndeks değerlerinin yüksek olması birbirine benzemeyen değerlerden oluşan bir kümelenmeyi; düşük olması benzer değerlerden oluşan bir kümelemeyi göstermektedir.

Çalışma alanında yüksek ya da düşük öznitelik bilgilerinde kümelenme eğilimini göstermek amacıyla ise "Lokal Getis-Ord Gi\*" istatistiği hesaplanmış ve haritalanmıştır (Ord ve Getis 1995). Yüksek değerler ortalamadan yüksek değerlerden meydana gelen mahallelerin birbirine yakın olduğu sıcak alanları (*hot-spots*), düşük değer ise ortalamadan düşük değerlerin bir arada olduğu soğuk alanları (*cold-spots*) göstermektedir.

Bu çalışmada indisler hesaplanırken 1 km eşik değer (threshold distance) ve "Zone of Indifference" yöntemi kullanılmıştır. Analizlerde z standart normal değişkeni (z değeri) belirli bir güven düzeyinde çıkan sonucun, istatistiksel olarak anlamlı olup olmadığını belirlemek için kullanılmıştır. Bu çalışmada 0.05 anlamlılık düzeyinde, z-değeri -1.96 daha az ve 1.96 dan daha fazla olması istatistikî olarak anlamlılık düzeyi olarak kabul edilmiştir.

### 3. BULGULAR

#### 3.1 Solunum Yolu hastalıkları ve hava kirliliği (SO<sub>2</sub> ve PM<sub>10</sub>) ilişkisi:

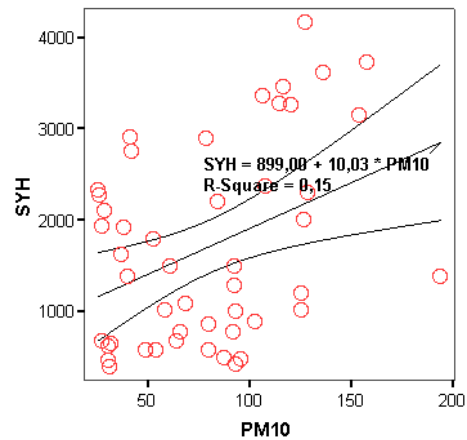
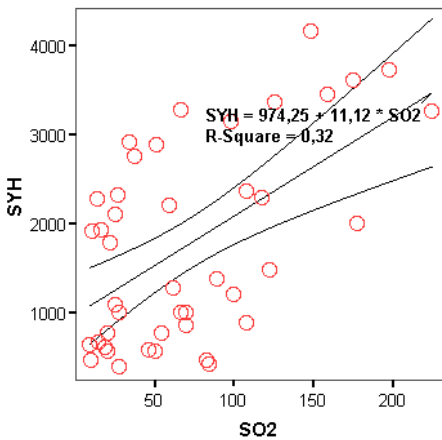
Hava kirleticileri (SO<sub>2</sub> ve PM<sub>10</sub>) ile astım, bronşit, KOAH ve ÜSYE hastalıklarından hastaneye olan başvurular arasında ilişki olup olmadığı regresyon ve



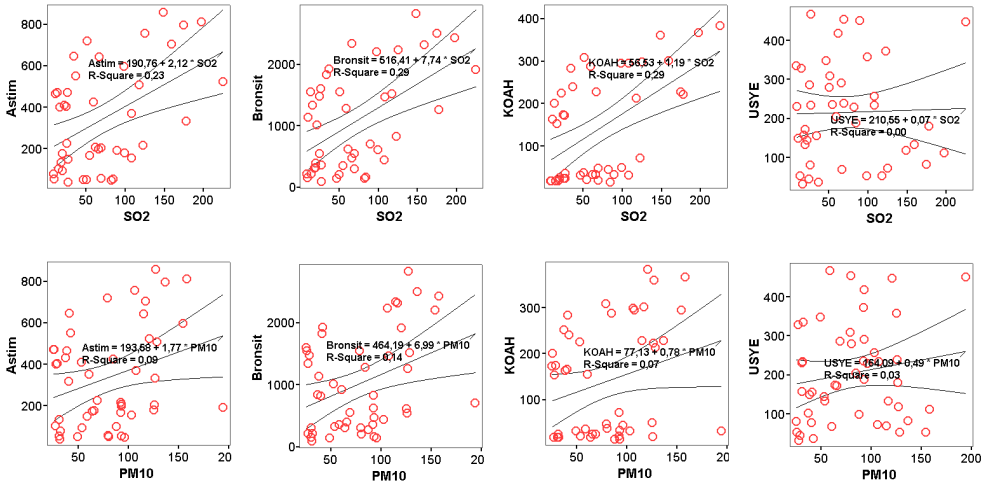
korelasyon analizi ile tespit edilmeye çalışılmıştır (Tablo 1). Şekil 2 incelendiğinde, genel olarak tüm solunum yolu hastalıkları (SYH) ile SO<sub>2</sub> ve PM<sub>10</sub> arasında pozitif yönlü doğrusal fakat zayıf bir ilişki vardır (Sırasıyla, r<sup>2</sup>=0.32, r<sup>2</sup>=0.15). Tek tek hastalıklar ile kirleticiler arasında da pozitif yönlü bir ilişki olduğu tespit edilmiştir (Şekil 3). SO<sub>2</sub> Astım şikâyeti ile hastaneye olan başvuruların artışın % 23 ünü, Bronşitin %29 unu, KOAH ın %29 unu açıklamaktadır. Bu da çok zayıf ve zayıf bir pozitif ilişki olduğunu göstermektedir. PM ile hastalıklar arasında da pozitif yönlü fakat çok zayıf bir ilişki vardır.

**Tablo 1.** Korelasyon tablosu.

		PM <sub>10</sub>	SO <sub>2</sub>	Astım	Bronşit	ÜSYE	KOAH	SYH	Yıl	Ay
PM <sub>10</sub>	Pearson	1	,791(**)	,304(*)	,370(**)	,162	,267(*)	,388(**)	,072	-,554(**)
	Sig. (1-tailed)		,000	,018	,005	,136	,033	,003	,313	,000
SO <sub>2</sub>	Pearson	,791(**)	1	,476(**)	,537(**)	,029	,540(**)	,566(**)	,275(*)	-,638(**)
	Sig. (1-tailed)	,000		,001	,000	,428	,000	,000	,037	,000
Astım	Pearson	,304(*)	,476(**)	1	,967(**)	-,505(**)	,909(**)	,974(**)	,870(**)	-,058
	Sig. (1-tailed)	,018	,001		,000	,000	,000	,000	,000	,346
Bronşit	Pearson	,370(**)	,537(**)	,967(**)	1	-,491(**)	,902(**)	,991(**)	,874(**)	-,158
	Sig. (1-tailed)	,005	,000	,000		,000	,000	,000	,000	,142
ÜSYE	Pearson	,162	,029	-,505(**)	-,491(**)	1	-,418(**)	-,402(**)	-,723(**)	-,105
	Sig. (1-tailed)	,136	,428	,000	,000		,002	,002	,000	,238
KOAH	Pearson	,267(*)	,540(**)	,909(**)	,902(**)	-,418(**)	1	,926(**)	,831(**)	-,175
	Sig. (1-tailed)	,033	,000	,000	,000	,002		,000	,000	,117
SYH	Pearson	,388(**)	,566(**)	,974(**)	,991(**)	-,402(**)	,926(**)	1	,842(**)	-,160
	Sig. (1-tailed)	,003	,000	,000	,000	,002	,000		,000	,138
Yıl	Pearson	,072	,275(*)	,870(**)	,874(**)	-,723(**)	,831(**)	,842(**)	1	,000
	Sig. (1-tailed)	,313	,037	,000	,000	,000	,000	,000		,500
Ay	Pearson	-,554(**)	-,638(**)	-,058	-,158	-,105	-,175	-,160	,000	1
	Sig. (1-tailed)	,000	,000	,346	,142	,238	,117	,138	,500	



**Şekil 2.** SO<sub>2</sub> ve PM (µg/m<sup>3</sup>) ile SYH arasındaki ilişkiyi gösteren saçılım grafikleri.



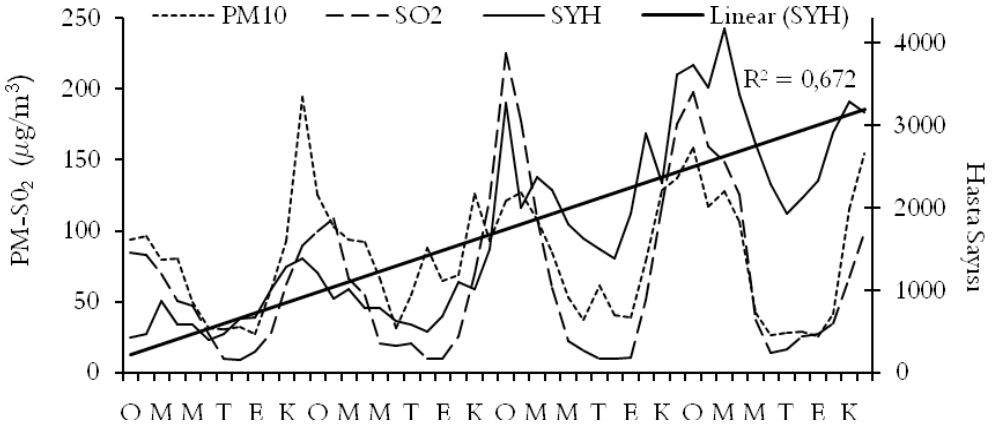
**Şekil 3.** SO<sub>2</sub> ve PM<sub>10</sub> (µg/m<sup>3</sup>) ile astım, bronşit, KOAH ve ÜSVE arasındaki ilişkiyi gösteren saçılım grafikleri.

İlişkinin anlamlılığı korelasyon analizi ile tespit edilmiştir (Tablo 1). Buna göre, PM<sub>10</sub> ile bronşit arasında %99 güven aralığında anlamlı pozitif yönlü bir ilişki; astım ve KOAH ile ise %95 güven aralığında anlamlı pozitif bir ilişki vardır. SO<sub>2</sub> ile astım, bronşit ve KOAH arasında ise güçlü pozitif bir ilişki vardır (p<0.01). Hava kirleticileri ile ÜSVE arasındaki ilişki ise anlamlı bulunmamıştır (p>0.05). Araştırmaya konu olan hastalıkların toplamı (SYH) incelendiğinde ise anlamlı bir ilişki tespit edilmiştir (p<0.01).

### 3.2 Solunum Yolu Hastalığı Şikâyeti Nedeniyle Hastaneye Yapılan Başvuruların SO<sub>2</sub> ve PM<sub>10</sub> ile İlişkili Olarak Zamansal Değişimi

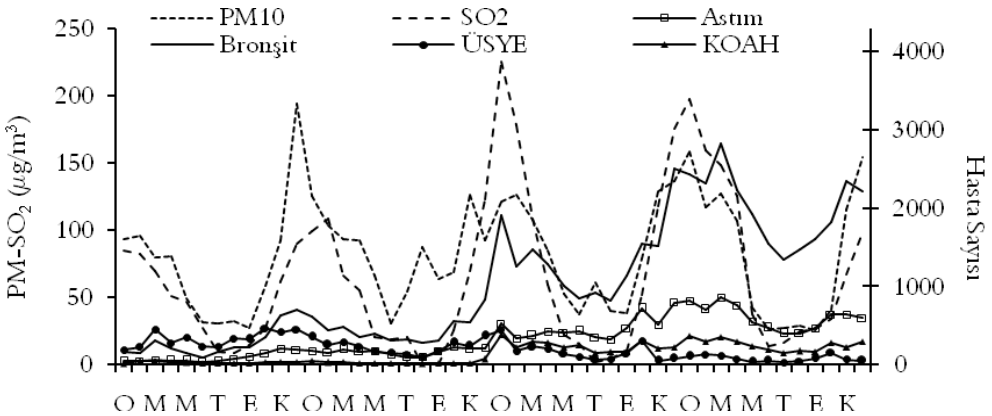
Ocak 2006-Aralık 2009 dönemi boyunca solunum yolu hastalığı şikâyeti nedeniyle hastaneye yapılan başvuruların zamansal değişimi regresyon ve korelasyon analizleri ile değerlendirilmiştir. Doğrusal regresyon analizini incelediğimizde SYH şikâyetiyle hastaneye yapılan başvuruların zamansal değişiminde belirtme katsayısı (r<sup>2</sup>) % 67 olarak bulunmuştur. Şekil 4 incelendiğinde hem SO<sub>2</sub> ve PM<sub>10</sub> nin hem de SYH nin çoğunlukla birbirine uyumlu zamanlarda artıp-azaldığı ve Aralık-Ocak aylarında en yüksek seviyede olduğu görülmektedir (Şekil 4). Zaman içinde SYH nin gittikçe arttığı tespit edilirken (p<0.001); PM<sub>10</sub> da çok belirgin bir artış tespit edilememiş fakat SO<sub>2</sub> deki artış anlamlı (p<0.05) bulunmuştur (Tablo 1, Şekil 4). PM<sub>10</sub> ve SO<sub>2</sub> ile aylar arasında güçlü negatif yönde korelasyon tespit edilmiştir (p<0.001, Tablo 1). Bu da kış aylarında PM<sub>10</sub> ve SO<sub>2</sub> nin arttığını göstermektedir. SYH ile aylar arasında da negatif yönlü korelasyon tespit edilmiş fakat korelasyon anlamlı bulunmamıştır. Bunun nedeni, kirleticilerin yol açtığı rahatsızlığın ilerleyen aylarda da devam etmiş olması olabilir.





**Şekil 4.** SO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub> ve SYH şikâyeti nedeniyle hastaneye yapılan başvuruların aylık değişimi.

Astım ( $R^2 = 0.737$ ), bronşit ( $R^2 = 0.730$ ) ve KOAH ( $R^2 = 0.593$ ) hastalığı şikâyeti nedeniyle hastaneye yapılan başvuruların Ocak 2006-Aralık 2009 dönemi boyunca artış gösterdiği tespit edilmiştir (Şekil 5). Bu hastalıklardan şikâyet ile hastaneye olan başvurular hava kirleticilerinin de yüksek olduğu kış aylarında fazladır (Şekil 5). Nitekim, astım, bronşit ve KOAH şikâyetiyle hastaneye yapılan başvurular ile yıllar arasında güçlü pozitif yönde korelasyon tespit edilmiştir ( $p < 0.001$ ; Tablo 1). Aylar ile bu hastalıklar arasında da negatif yönlü ilişki tespit edilmiştir. Genel durumda olduğu gibi bu da kış döneminde bu hastalıklardan şikâyetle hastanelere olan başvurunun arttığını göstermekle birlikte bu ilişki istatistikî olarak anlamlı bulunmamıştır ( $p > 0.05$ ). ÜSYE şikâyetiyle hastaneye olan başvurular ile yıllar arasında güçlü fakat negatif yönde korelasyon tespit edilmiştir ( $p < 0.001$ ). Bu da ÜSYE'nin inceleme dönemi boyunca azalış eğiliminde olduğunu göstermektedir.



**Şekil 5.** SO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub> ile astım, bronşit, KOAH ve ÜSYE şikâyeti nedeniyle hastaneye yapılan başvuruların aylık değişimi.

Zonguldak kentinde solunum yolu hastalıkları şikâyetiyle hastaneye olan başvuranların kentin belirli bir kesiminde kümelenme gösterip göstermediğini istatistiki olarak ortaya koyabilmek için mekânsal oto-korelasyon istatistikleri hesaplanmıştır. Moran I incelendiğinde, astım, bronşit, KOAH ve ÜSYE şikâyeti ile hastanelere olan başvurular ne tam olarak belirli mahallelerde kümelenmiş; ne de tam olarak mahallelere saçılmıştır.

Z değeri astım dışında pozitifdir. Bu komşu mahallelerin büyük ölçüde benzer değerlere sahip olduğunu göstermektedir. Astım rahatsızlığı şikâyeti ile hastaneye olan başvurular ise mahalleler arasında büyük farklılıklar göstermektedir. İncelenen bütün hastalıkların sonuçları istatistikî olarak anlamlı değildir ( $z < -1.96$  ve  $z < 1.96$ ).

Geary oranı da Moran I de olduğu gibi mekânsal oto-korelasyonu test etmektedir (Tablo 2). Geary oranı da mahalleler arasında hastane başvuruların rasgele dağılmış olduğunu göstermektedir. Z değerinin negatif olması pozitif mekânsal oto-korelasyonu; bu da birbirine benzeyen değerlerden oluşan mahallelerin yakın olduğunu göstermektedir. Ancak sadece bronşit için sonuçlar istatistikî olarak anlamlıdır ( $< 1.96$ ).

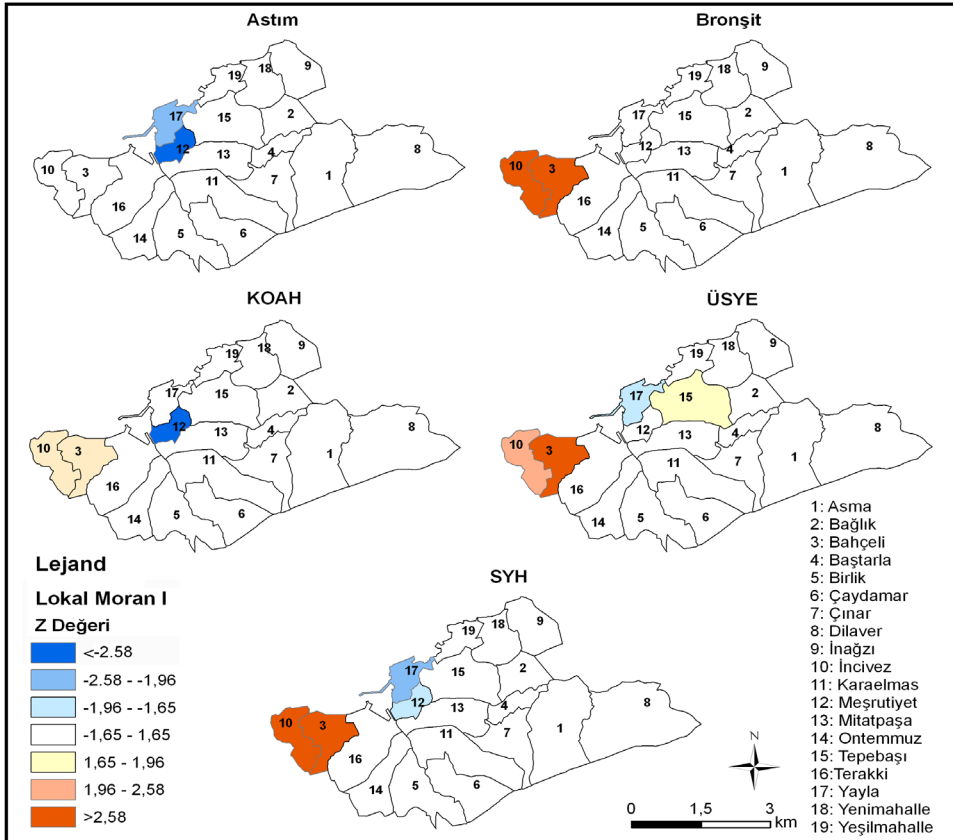
Genel olarak hasta başvurularının mekânda oluşturduğu kümelenmenin yüksek ya da düşük değerlerde olup olmadığı Getis-Ord  $G$  istatistiği ile ortaya konmaya çalışılmıştır. Getis-Ord  $G$  istatistiği, Z değeri pozitif olması nedeniyle yüksek hastane başvurularına sahip mahallerin düşük olanlarla komşudur. Ancak bronşit ve üst solunum yolu hastalığı dışında istatistikî olarak anlamlı değildir ( $z > 1.96$ ).

**Tablo 2.** Zonguldak Kentinde astım, bronşit, KOAH, ÜSYE ve SYH için mekânsal oto-korelasyon istatistikleri

Göstergeler	Astım	Bronşit	KOAH	ÜS YE	Toplam
Moran I	-0,090	0,265	-0,031	0,140	0,172
z-değeri	-0,194	1,811	0,140	1,107	1,285
Geary Oranı	0,995	0,653	1,012	0,830	0,730
Beklenen Geary	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
z-değeri	-0,026	-2,015	0,069	-0,987	-1,567
Getis- Ord $G$	0,240	0,260	0,240	0,270	0,250
z-değeri	0,600	2,290	0,620	1,740	1,870

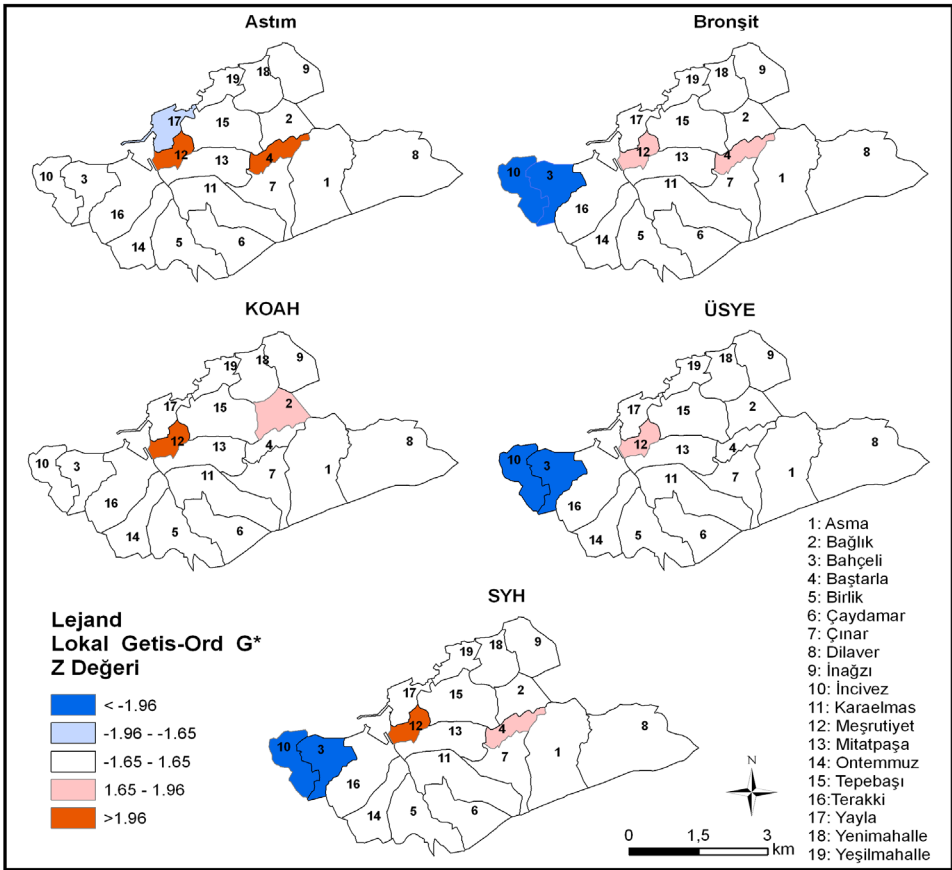
Solunum yolu hastalıklarının alansal desenindeki değişimin bilinmesi, alansal dağılışı denetleyen belirgin bir etmenin olup olmadığının ortaya konması açısından önemlidir. Bu çalışmada, Anselin Lokal Moran I ve Lokal Getis-Ord  $G_i^*$  mekânsal kümelenme derecesini ölçmek ve coğrafi desenin haritalanmasında kullanılır. Şekil 6 çalışma alanı genelinde mahalleler arasında hastane başvurularının

dağılımını ortaya koyabilmek için hesaplanmış olan Anselin Lokal Moran I sonuçlarını göstermektedir. Hastane başvurularının mekânsal paterni küresel ölçekte incelendiğinde, kümelenme göstermediği görülmektedir. Ancak yerel ölçekte incelenip haritalandığında kısmi kümelenmenin olduğu görülebilmektedir. İndeks değerinin negatif olması hasta başvurularının komşu mahallelerle benzer olmadığını göstermektedir. İndeks değerlerinin yüksek olması ise komşu mahallelerle benzer hasta başvurularına sahip olan mahalleleri göstermektedir. Ancak bu indeks değerleri benzerliğin yüksek mi yoksa düşük mü değerlerde olduğunu vermemektedir. Şekil 6 da benzer hasta başvurularına sahip mahalleler, astım dışındaki hastalıklarda, Bahçelievler ve İncivez mahallelerinde olduğu görülmektedir (Anlamlılık:  $z > 1.96$ ). Anlamlı negatif değerler ise hasta başvurularının komşu mahallelerde benzer olmadığı kesimi göstermektedir. Bu durum bir hastalıktan diğerine değişmekle birlikte, Meşrutiyet ve Başarla mahallelerinde gözlenmektedir. Bu mahallelerden olan hasta başvuruları komşu mahallelerden oldukça farklıdır. Bu farklılığın yönü bir sonraki analiz ile ortaya konulmaya çalışılmıştır.



**Şekil 6.** Zonguldak'ta astım, bronşit, KAOH, ÜSYE ve SYH için Anselin Lokal Moran I indeksine bağlı kümelenme alanları:  $Z > 1.65$  zayıf kümelenme,  $2.58 < z > 1.96$  güçlü kümelenme ve  $z > 2.58$  çok güçlü kümelenme.

Şekil 7 Zonguldak'ta yüksek hasta başvurularının ve düşük hasta başvurularının kümelenme gösterdiği yerler görülmektedir. Lokal Getis-Ord Gi\* istatistiğinin yüksek olması ortalamadan yüksek değerlerden (sıcak nokta olarak da adlandırılır); düşük olması ortalamadan düşük değerlerden (soğuk nokta olarak da adlandırılır) olan kümelemeyi göstermektedir. Zonguldak'ta astım hariç tüm hastalıklarda ortalamadan düşük hasta başvuruları, kentin kuzeybatı kesimindeki İncivez ve Bahçelievler mahallelerinde istatistikî olarak anlamlı bir kümelenme oluşturmaktadır. Hasta başvurularının kente sıcak alan oluşturduğu mahaller ise Meşrutiyet ve Baştarla mahalleleridir. Meşrutiyet mahallesi, astım ve KOAH hastalığı için %95 güven düzeyinde sıcak bölge olarak gözlenmektedir. Baştarla mahallesi ise sadece astım hastalığı için sıcak bölgedir. Diğer hastalıklarda ise bu mahalleler %90 güven düzeyinde anlamlı sıcak bölge oluşturmaktadır. Zonguldak genelinde rastgele bir değişim vardır. Yüksek hasta başvurusuna sahip mahalleler düşük hasta başvurusuna sahip mahallelerle yan yana bulunmaktadır.



Şekil 7. Zonguldak'ta astım, bronşit, KOAH, ÜSYE ve SYH için Lokal Getis-Ord Gi\* indeksine bağlı olarak sıcak ve soğuk alanlar:  $z > 1.65$  sıcak bölge;  $z < 1.65$  soğuk bölge

#### 4. TARTIŞMA

Bu çalışmada Zonguldak kentinde seçilmiş solunum yolu hastalıklarının (astım, bronşit, KOAH ve üst solunum yolu hastalıkları) zamansal ve mekânsal değişimi hava kirletici parametrelerinden  $PM_{10}$  ve  $SO_2$  ile ilişkili olarak incelenmiştir. Solunum yolu hastalıkları şikâyeti nedeniyle hastaneye yapılan başvuruların kent merkezine dağılışı mekânsal analiz metotlarından, mekânsal oto-korelasyon indeksleri ve haritalar kullanılarak tespit edilmeye çalışılmıştır. Bu nedenle, bu çalışma mekânsal analiz tekniklerinin hava kirliliğine maruz kalmayı ve SYH mekânsal desenini açıklayan örneklerden biri olma özelliği de göstermektedir.

Zonguldak kentinde hava kirliliği ile SYH şikâyetiyle hastaneye olan başvurular arasında %99 güven düzeyinde tutarlı, güçlü, pozitif yönde bir ilişkinin olduğu tespit edilmiştir. Hastalıklar tek tek incelendiğinde ise astım, bronşit, KOAH ile  $PM_{10}$  ve  $SO_2$  konsantrasyonu arasında pozitif yönlü ilişki tespit edilmiştir. Bu bulgular daha önce Türkiye’de yapılmış çalışmalardan elde edilen bulgularla desteklenmektedir. Örneğin Eskişehir’de  $SO_2$  düzeyleri ile alt ve üst solunum yolu enfeksiyonları, KOAH ve kor-pulmonal nedeniyle acil hastane başvuruları arasında (Ünsal ve ark. 1999); Ankara’da  $PM_{10}$  ve  $SO_2$  düzeyleri ile astıma bağlı başvurular arasında (Berктаş ve Bircan 2003); Balıkesir’de  $PM_{10}$  ve  $SO_2$  düzeyleri ile SYH arasında (Tağıl 2007) ilişki belirlenmiştir. Diğer yandan yapılan analizler  $SO_2$ ’in solunum yolu hastalıkları üzerindeki etkisinin  $PM_{10}$ ’nin etkisinden daha yüksek olduğunu göstermektedir.

Zamansal patern incelendiğinde, kış mevsimi  $SO_2$  ve  $PM_{10}$  konsantrasyonunun arttığı dönem olmakla birlikte, hasta başvurularının da arttığı dönem olmasıyla dikkati çekmektedir. Bu bulgu da daha önce yapılmış çalışmalarla da ortaya konulmuş ve bilinen bir gerçektir (Berктаş ve Bircan 2003). İncelenen dönem içinde  $PM_{10}$  da belirgin bir artış olmamakla birlikte;  $SO_2$  artmaya devam etmiş ve buna paralel olarak ÜSYE dışındaki hastalıklar da artış göstermiştir. Her ne kadar daha önceki çalışmalarda ÜSYE ile hava kirliliği arasında yüksek ilişki tespit edilmiş olsa da (Koltai 1994; Ünsal ve ark. 1999; Berктаş ve Bircan 2003), bu çalışmada ÜSYE kirleticiler ile istatistikî olarak anlamlı bir ilişki tespit edilememiştir. Bunun nedeni olarak ÜSYE incelenen dönem içinde azalış eğiliminde olması gösterilebilir. ÜSYE nun azalışın nedeni ise bu hastalığın etiyolojik ajanın viral ya da bakteriyel olması (İnci 2008) ve son yıllarda alınan sağlık önlemlerinden (Grip aşısı gb.) olduğu varsayılmaktadır.

Küresel ölçekte hasta başvurularının mekânsal paterni incelendiğinde kentin belirli bir alanında yoğunlaşma göstermediği ve aynı zamanda kentin içinde saçılmadığı, rastgele dağılışı gösterdiği belirlenmiştir. Ancak yerel ölçekte incelendiğinde ise kısmi kümelenmeler tespit edilmiştir. Meşrutiyet ve Baştarla mahalleleri sıcak bölge, İncivez ve Bahçelievler mahalleleri ise soğuk bölge olarak dikkati çekmektedir. Mahallelere ait hava kirliliği verisi bulunmamakla birlikte, istatistikî olarak hava kirleticileri ile hastalıklar arasındaki yüksek korelasyondan,

sıcak bölgelerde hava kirlilik seviyesinin yüksek; soğuk bölgelerde ise düşük olduğu varsayımında bulunulabilir. Çünkü istatistikî olarak kirleticilerle, hastane başvuruları arasında güçlü pozitif bir ilişki vardır. Konumsal özellikler açısından mahalleler incelendiğinde, Meşrutiyet mahallesi limanın doğusunda ve kuzeydoğu güneybatı yönlü bir havzada yer almaktadır. Meşrutiyet mahallesinin bakı özellikleri incelendiğinde mahallenin yaklaşık % 33 lük kısmı kuzeybatıya bakmaktadır. Bu yönde ise bir tepenin duldasında yer almaktadır. Baştarla mahallesi ise yaklaşık olarak doğu batı yönlü uzanan bir tepenin güney yamaçlarında kurulmuş olup, mahallenin %39 u güneydoğuya bakmaktadır. Anlamlılığını artırabilmek için rüzgâr yönü incelendiğinde, birinci hâkim rüzgâr yönü ESE ve ikinci NNW olduğu tespit edilmiştir. Yukarıda adı geçen mahalleler, hâkim rüzgâr yönlerine kapalı konumları ile dikkat çekmektedir. Bu da yerel meteorolojik faktörlerin ve topografyanın bu mahallelerde hava kirleticilerinin konsantrasyonunu artırmış olabileceğini göstermektedir. Topografyanın şehir merkezinde hava kirleticilerinin yoğun bir şekilde birikmesine ve dolayısıyla kötü hava kalitesine neden olduğuna ilişkin çalışmalar bulunmaktadır (İbret ve Aydınöz 2009; Keser 2002). Zonguldak genelinde yukarıda sayılan mahalleler haricinde rastgele bir değişim vardır. Bu rastgele değişim de topografyanın bir sonucu olmalıdır. Çünkü şehir, kısa mesafelerde topografik şartların değiştiği bir konumdur. Bu da birbirine komşu mahallerde hasta başvurularının değişmesine neden olmuş olabilir. Risk faktörü olan sıcak bölgeler olarak tespit edilmiş olan kümelenmelerin olduğu kesimlerde ayrıntılı çalışmalar yapılmalıdır.

Çalışmadan elde edilen bulgular, kendi sınırlılıkları göz önüne alınarak değerlendirilmelidir. Tüm ekolojik çalışmalarda olduğu gibi, bu çalışmada da hassas neden-sonuç ilişkileri çıkarımı dikkatli düşünülmelidir. Bu çalışmada solunum yolu hastalıkları üzerinde hava kirliliğinin etkisi değerlendirilirken ikamet süresi, sigara kullanımı, iç mekândaki kirlilik ve diğer hava kirliliğine neden olan araç emisyonlarına maruz kalma ölçülemedi. Diğer yandan, Zonguldak'ta yeterli hava kirliliği istasyonu olmadığı için mekânda hava kirliliğinin interpolasyonu yapılamamıştır.

#### KAYNAKÇA

Babin, S., Burkom, H., Holtry, R., Taberero, N., Davies-Cole, J., Stokes, L., DeHaan, K., Lee, D. (2008). Medicaid Patient Asthma-related Acute Care Visits and Their Associations with Ozone and Particulates in Washington, DC, from 1994-2005. *International Journal of Environmental Health Research* 18(03): 209-22.

Bayram, H. (2005). Türkiye'de Hava Kirliliği Sorunu: Nedenleri, Alınan Önlemler ve Mevcut Durum. *Toraks Dergisi* 6 (2): 159-165.

Berktaş, M.B., Bircan, A. (2003). Effects of Atmospheric Sulphur Dioxide and Particulate Matter Concentrations on Emergency Room Admissions Due to Asthma in Ankara. *Tüberküloz ve Toraks Dergisi* 51(3): 231-238.



- Cliff, A.D., Ord, J.K. (1981). Spatial processes: Models and Applications. Pion Limited, London.
- Elliott, P., Wakefield, J.C., Best, N.G., Briggs, D.J. (2000). Spatial Epidemiology: Methods and Applications. Oxford University Press. Oxford.
- Fusco, D., Forastiere, F., Michelozzi, P., Spadea, T., Ostro, B., Arca, M., Perucci, C.A. (2001). Air Pollution and Hospital Admissions for Respiratory Conditions in Rome, Italy. *Eur Respir J* 17: 1143–1150.
- Gökbel, H., Uzun, K. (1995). Hava Kirliliğinin Solunum Fonksiyonlarına Etkileri. *Ekoloji Çevre Dergisi* 15: 4-5.
- İbret, B.Ü., Aydınöz, D. (2009). Şehirleşmede Yanlış Yer Seçiminin Hava Kirliliği Üzerine Olan Etkisine Bir Örnek: Kastamonu Şehri. *İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Coğrafya Bölümü Coğrafya Dergisi* 18: 71-88.
- İlkılıç, C., Behçet, R. (2006). Hava Kirliliğinin İnsan Sağlığı Ve Çevre Üzerindeki Etkisi. *Doğu Anadolu Bölgesi Araştırmaları* 66-72.
- İnci, E. (2008). Üst Solunum Yolu Enfeksiyonlarında Semptomatik Tedavi, I.Ü. Cerrahpaşa Tıp Fakültesi Sürekli Tıp Eğitimi Etkinlikleri, Toplumdan Edinilmiş Enfeksiyonlara Pratik Yaklaşımlar, Sempozyum Dizisi No:61, Şubat 2008: 49-66.
- Jarup, L. (2004). Health and Environment Information Systems for Exposure and Disease Mapping, and Risk Assessment. *Environmental Health Perspectives* 112(9): 995–997.
- Keser, N. (2002). Kütahya’da Hava Kirliliğine Etki Eden Topoğrafik ve Klimatik Faktörler. *Marmara Coğrafya Dergisi* 5: 69-100.
- Koltai, P.J. (1994). Effects of Air Pollution on the Upper Respiratory Tract of Children. *Otolaryngol Head. Neck Surg* 111(1): 9-11.
- Lawson, A.B., Biggeri, A., Boehning, D., Lessafre, E., Viel, J., Bertollini, R. (1999). Disease Mapping and Risk Assessment for Public Health. Wiley, Chichester.
- Lee, J., Wong, D. (2000). Statistical Analysis with ArcView GIS. John Wiley & Sons, New York.
- Mayer, J.D. (1982). Relations Between Two Traditions of Medical Geography. *Progress in Human Geography* 6: 216-230.
- Moran, P.A.P. (1948). The Interpretation of Statistical Maps. *Journal of the Royal Statistical Society, Series B* 37: 243- 251.
- Nuckols, J.R., Ward, M.H., Jarup, L. (2004). Using Geographic Information Systems for Exposure Assessment in Environmental Epidemiology Studies. *Environmental Health Perspectives* 112(9): 1007–1015.
- Nuhoğlu, N., Türkmen, M.F. (1993). Gökteş (Murgul) bakır fabrikası izabe tesisi bacalarından çıkan hava kirlleticilerinin insan sağlığına etkisi, *Ekoloji* 7: 30-33.
- Nunes, C., Gomes, D., Matias, C., Briz, T. (2007). Tuberculosis Incidence in Portugal: Spatiotemporal Clustering. *International Journal of Health Geographics* 6: 30.
- Rosenberg, M.W. (1998). Medical Geography or Health Geography?

Populations, peoples and places. *International Journal of Population Geography* 4: 211-226.

Ord, J.K., Getis, A. (1995). Local Spatial Autocorrelation Statistics: Distributional Issues and an Application. *Geographical Analysis* 27: 286-306.

Öztürk, M. (2005). Şehir İçi Bölgelerde Hava Kirliliğinin Sağlık Üzerine Etkileri. Ankara.

Snow, J. (1855). On the Mode of Communication of Cholera. Churchill, London.

Sridharan, S., Tunstall, H., Lawder, R., Mitchell, R. (2007). An Exploratory Spatial Data Analysis Approach to Understanding the Relationship Between Deprivation and Mortality in Scotland. *Social Science & Medicine* 65: 1942-1952.

Tağlı, Ş. (2007). Balıkesir’de Hava Kirliliğinin Solunum Yolu Hastalıklarının Mekânsal Dağılışı Üzerine Etkisini Anlamada Jeo-İstatistik Teknikler. *Coğrafi Bilimler Dergisi* 5 (1): 37-56.

Tecer, L.H. (2007). Prediction of SO<sub>2</sub> and PM Concentration in Coastal Mining Area (Zonguldak) with Artificial Neural Network. *Polish J. of Environ. Study* 16 (4): 633-638.

Tecer, L.H., Tomaç, N., Karaca, F., Kaplan, A., Tuncer, T., Aydın, H. (2009). The Evaluation of the Effect of Air Pollution on the Health Status of Children in Zonguldak City, Turkey. *International Journal of Environment and Pollution* 39 (3-4): 352-364.

Ünsal, A., Metintaş, S., Öner, S., İnan, O.Ç. (1999). Eskişehir’de Hava Kirliliği ve Bazı Hastalıklar Nedeniyle Acil Başvuruların İncelenmesi. *Tüberküloz ve Toraks Dergisi* 47(4): 449-455.