

## BALIKESİR'DE HAVA KİRLİLİĞİNİN SOLUNUM YOLU HASTALIKLARININ MEKÂNSAL DAĞILIŞI ÜZERİNE ETKİSİNİ ANLAMADA JEO-İSTATİSTİK TEKNİKLER

### *Geostatistic Techniques for Understanding the Effects of Air Pollution on Spatial Distribution of Respiratory Diseases in the City of Balıkesir*

Şermin TAĞIL

Balıkesir Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Coğrafya Bölümü, BALIKESİR  
stagil@balikesir.edu.tr

**Özet:** Bu çalışmanın amaçları: Balıkesir kentinde (a) hava kirliliği ve solunum yolu hastalıklarından hastaneye yatanlar (SYHHY) arasındaki ilişkinin araştırılması, (b) genellikle yüksek oranlara sahip alanları tanımlamak için SYHHY'nin coğrafi ve zamansal dağılışının betimlenmesi, (c) haritalayarak SYHHY'nin kümelenmesinin ortaya konması ve (d) SYHHY'nin kümelenmesi üzerine hava kirliliği kontrolünün tespit edilmesidir. Çalışmada CBS tabanlı analizler, SYHHY'nin mekânsal sürecinin ve mekânsal deseninin tespitinde yol gösterici olmuştur. Analizlerde 2000-2005 dönemi boyunca Göğüs Hastalıkları Hastanesi'nde kaydı tutulan SYHHY ve yine aynı döneme ait partiküller madde (PM) ile kükürt dioksit (SO<sub>2</sub>) verileri kullanılmıştır. Nicel coğrafyayı ve mekânsal teknolojiyi bütünleştiren jeo-istatistik analizlerinden Moran I, Geary Oranı, Genel G İstatistiği, Lokal Moran I, Lokal G istatistiği ve Moran Saçılım Grafiği SYHHY'nin mekânsal oto-korelasyonunun ve kümelenmesinin tespitinde kullanılmıştır. SYHHY ve hava kirliliği arasında anlamlı bir korelasyon tespit edilmiştir. SYHHY'nin istatistikî olarak anlamlı yüksek oranda mekânsal ve zamansal kümelenmenin kentin en alçak kesiminde olduğu tespit edilmiştir. Kısaca kentteki topografik farklılıklar, hava kirliliğinde mekânsal farklılıklara neden olan mikro iklimlere; bu da solunum yolu hastalıklarından hastaneye yatanların mekânda eşit dağılmamasına neden olmuştur. Bu bilgi, hastalık kontrol stratejisinde rehber kararların alınmasında önemlidir.

**Anahtar Kelimeler:** Coğrafi Bilgi Sistemleri, Hava Kirliliği, Jeo-istatistik, Mekânsal İstatistik, Mekânsal Oto-korelasyon, Solunum Yolu Hastalıkları

**Abstract:** Objectives of this study were to: (a) investigate the association between outdoor air pollution and respiratory disease hospitalization (RDH), (b) describe the geographical and temporal distribution of RDH cases in order to identify areas with unusually high rates, (c) put forward the clustering of RDH with mapping, and (d) identify the control of air pollution on RDH clustering in the city of Balıkesir. In this study GIS-based spatial analyses were conducted to detect spatial processes and spatial pattern of RDH. Analyses were done using RDH data reported during 2000–2005 from Pulmonary Diseases Hospital, and also sulphur dioxide (SO<sub>2</sub>) and particulate matter (PM) data recorded during the same period. Moran's I, Geary's Ratio, General G Statistics, Local Moran I, Local G Statistics and Moran Scatterplot from geostatistic analysis, which attempts to integrate the quantitative geography and spatial technology, were used to detect spatial autocorrelation and clusters of RDH. A significant correlation between RDH and air pollution was found. Statistically significant high rate spatial and space-time clusters were identified in the lowest district of the city. Shortly, topographic differences in the city caused different micro-climatic conditions being reason of

*differences in air pollution, and this was reason of unequal spatial distribution of RDH in the area. This information is important in guiding decisions on disease control strategies.*

**Key Words:** *Geographical Information Systems, Air Pollution, Geostatistic, Spatial Statistic, Spatial Autocorrelation, Respiratory Disease*

## 1. Giriş

Hava kirliliği aşırı kullanılan fosil yakıtlar nedeniyle gelişen dünyanın en büyük problemlerinden biridir. Hava kirliliğinin birincil kaynak alanlarından biri, fosil yakıtların kullanımı nedeniyle kentlerdir. Sadece fosil yakıtlar değil, motorlu araçlar da kent merkezlerinde hava kirliliği seviyesinin artışının nedenidir (Keleş ve Ilıcalı, 1998; Mayer, 1999). Ancak kentlerin hem fazla nüfusu barındırdığı, hem de göçlerle nüfusunun arttığı dikkate alınır, gün geçtikçe daha fazla birey hava kirliliğinden etkilenmektedir.

Kirli hava, basit göz burun rahatsızlıklarından zatürree ve verem gibi önemli akciğer hastalıklarına kadar pek çok hastalığa neden olabilmektedir. Birçok çalışma, partiküller madde (PM) ve kükürt dioksit (SO<sub>2</sub>) seviyesi ile ölümler, hastane başvuruları, solunum sistemi sorunları ve hastalıkları arasında ilişkinin olduğunu göstermektedir (Dockery ve diğ., 1992; Holland ve diğ., 1979; Janssen ve diğ., 1995). Kardiovasküler ya da akciğer hastalıkları olanlar, özellikle yaş büyük ise PM ve SO<sub>2</sub> ile ilgili birçok sağlık sorunundan gençlerden daha fazla etkilenmektedir (Hasabelnaby ve diğ., 1989). Ancak çocuklar ve astımlılarda da PM ve SO<sub>2</sub>, artan solunum sistemleri belirtilerine ve azalan akciğer faaliyetlerine neden olmaktadır (Colome ve diğ., 1992). Astım gibi solunum yolu rahatsızlığı olmayan kişilerde dahi yüksek seviyedeki PM ve SO<sub>2</sub> hırıltıya, öksürmeye, göğüs sıkışmasına ve kısa nefes almaya neden olmaktadır (Bozkurt ve diğ., 1998). Epidemiyolojik çalışmalara göre tek başına ya da diğer kirleticilerle birlikte PM ile ilgili sağlık riskleri gün geçtikçe artmaktadır. PM solunum sisteminde birikmekte; hava kesecikleri ve bronşlarda tutulmakta; solunum sisteminin kendi kendini temizlemesine engel olmaktadır. Genellikle SO<sub>2</sub> ise mukoza üzerinde tahrişe neden olmakta ve bu da bronşit, astım gibi kronik hastalıkların oluşumuna yol açmaktadır. Böylesine zararlı olan PM ve SO<sub>2</sub> ile ilgili ilk radikal karar, Londra'da 1272 yılında Kral Edward tarafından kömür yakılışının yasaklanması olmuştur (Hale ve diğ., 2004). SO<sub>2</sub> ve PM seviyelerinde gelişmiş ülkelerde gerileme olmakla birlikte; Türkiye gibi gelişmekte olan ülkelerde tehdit devam etmektedir (Bayram, 2005).

Coğrafya altında sağlık coğrafyası, çevre koşulları ile hastalıklar arasındaki karmaşık ilişkiyi incelemektedir (Tunstall ve diğ., 2004). Sağlık coğrafyası, sağlıkla ilgili konuları araştırmak için coğrafi teknikleri ve kavramları kullanmaktadır. Bu kapsamda Çevresel Epidemiyoloji (Environmental Epidemiology), hastalıklar ve fiziki çevre arasındaki ilişkisi incelemekte; diyet ve sigara gibi yaşam standartlarına bağlı şartlar ve fiziki şartları (astım ve hava kirliliği, su kaynaklarında kirlilik) dikkate almaktadır (Bithell, 1990; English, 1992). Coğrafi Epidemiyoloji (Geographical Epidemiology) ise hastalıkların kümelenmesini, hava kirliliğinin nokta ve çizgi kaynaklarıyla ilişkili olarak kümenin tanımlanmasını ve mekânsal-zamansal hastalık oranını incelemektedir (Bithell, 1990; English, 1992).

Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ve uzaktan algılama teknolojileri, sağlık coğrafyasında özellikle hastalıklar ve coğrafi çevre arasındaki ilişkiyi ortaya koymada gün geçtikçe daha fazla kullanılmaktadır (Gatrell ve Loytonen, 1998). CBS'nin sağlıkla ilgili konularda kullanımı Snow (1855) tarafından kolera ile ilgili yapılan çalışmadan buyana devam etmektedir. Jacques (2000)'a göre CBS hastalıkların sonuçlarını izlemeye, sağlık risklerini ortaya koymada ve müdahale planlarının hazırlanmasında önemlidir. Epidemiyolojide kümelenme analizi hastalıkların toplanışını belirlemek, istatistikî olarak anlamlı bir kümelenmenin olup olmadığını ve sonuç olarak kümelenme üzerine etkili faktörlere ait delilleri bulmak açısından önemlidir. Birçok hastalıkta kümelenmenin gösterilmesinde CBS analizleri kullanılmaktadır (Tiwari ve diğ., 2006).

Bu çalışmanın amacı, Balıkesir kentinde solunum yolu hastalıklarından hastaneye yatanlar (SYHHY) ın mekânsal dağılımını ve bu dağılım üzerinde hava kirliliğinin etkisini ortaya koymaktır. Bu amaçla hava kirliliği unsurlarından SO<sub>2</sub> ve PM ile SYHHY'nin mekânsal ve zamansal dağılımı CBS tabanlı jeo-istatistik yöntemler kullanılarak analiz edilmiştir. Kentlerde hava kirliliği

konsantrasyonunun modellenmesinde fiziki çevre etmeni olan topografya önemli olduğundan hava kirliliği, SYHHY ve topografya ilişkisi de incelenmiştir. Araştırma soruları:

1. SO<sub>2</sub> ve PM seviyesindeki zamansal değişme, SYHHY'ın zamansal değişimi üzerinde etkili midir?
2. SYHHY'ın coğrafi dağılışı nasıldır?
3. SYHHY'ın mekânsal dağılışında kümelenme gözlenmekte midir?
4. SYHHY'ın mekânsal dağılışında kümelenme varsa bu kümelenme üzerinde SO<sub>2</sub> ve PM kontrol edici midir?

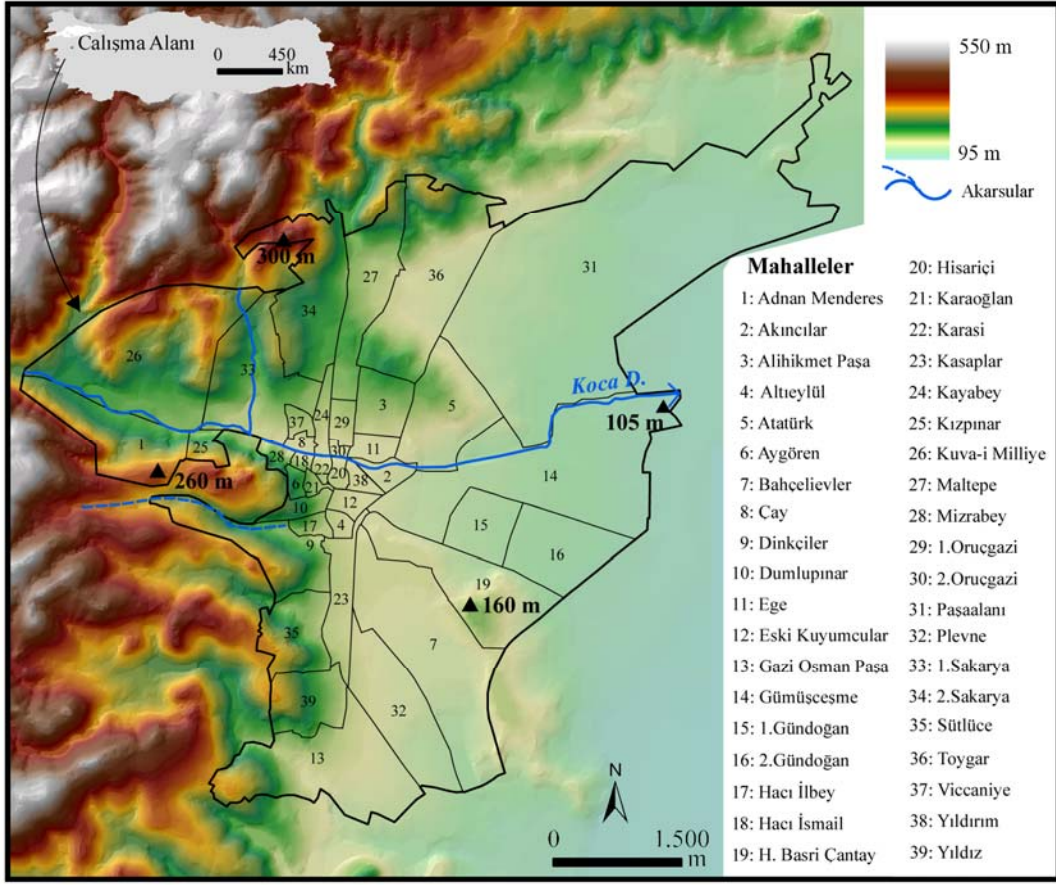
## 2. Veri ve Yöntem

### 2.1. Çalışma Alanı

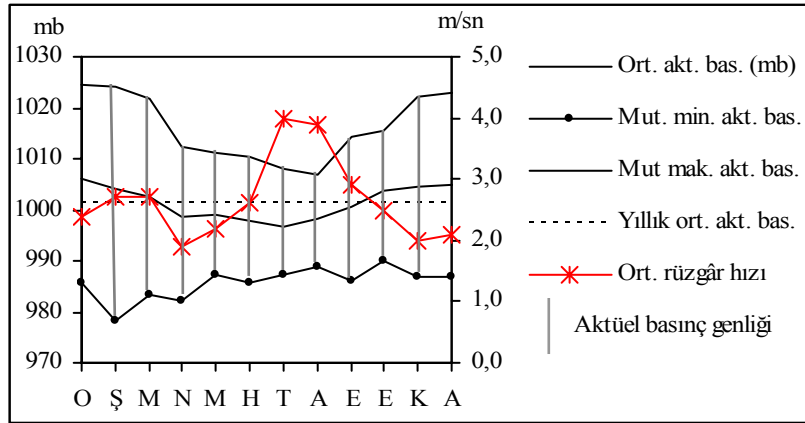
Çalışma alanı, Marmara Bölgesi'nde, Güney Marmara Bölümü'nde yaklaşık olarak, 27°50'–27°57' D boylamları ve 39°37'–39°42' K enlemleri arasında yer alan Balıkesir merkez ilçeyi kapsamaktadır (Şekil 1). Balıkesir merkez ilçenin 2000 yılında şehir nüfusu 213908'dir. Balıkesir Valiliği İstatistik Bürosu'nun nüfus projeksiyonlarına göre şehir nüfusunun her yıl %2'lik artış eğiliminde olduğu ortaya konmuştur.

Kent aynı addaki Balıkesir Ovasının batısında yer almakta olup bir çanak şeklindeki ovanın tabanına doğru ilerlemektedir (Şekil 1). 500 m yi geçen dağlar ve tepelerle çevrelenen Balıkesir Ovası tektonik bir çanak şeklinde olup bugünkü görünümünü Susurluk nehri ve kollarının faaliyetleri sonucunda almıştır. Balıkesir kenti sınırları içinde yükselti farkı 195 m'dir (Gümüşçeşme-105 m, 2. Sakarya-300 m). Jeomorfografik olarak Adnan Menderes - Kuva-i Milliye mahallelerinin sınırından Gümüşçeşme'ye kadar uzanan Koca Dere vadisi şehrin en alçak hattı olarak dikkati çekmektedir. Bu vadi, Kızpınar - 1. Sakarya, Mizrabey - Hacı İsmail – Çay, Kayabey - Karasi, Hisariçi - 2. Oruçgazi ve Ege – Akıncılar - Yıldırım mahallerinin sınırını oluşturmaktadır. Yine bu akarsuyun yan kolu olan Haydar Dere 1. Sakarya mahallesinden geçmekte ve Koca Dere'ye bağlanmaktadır.

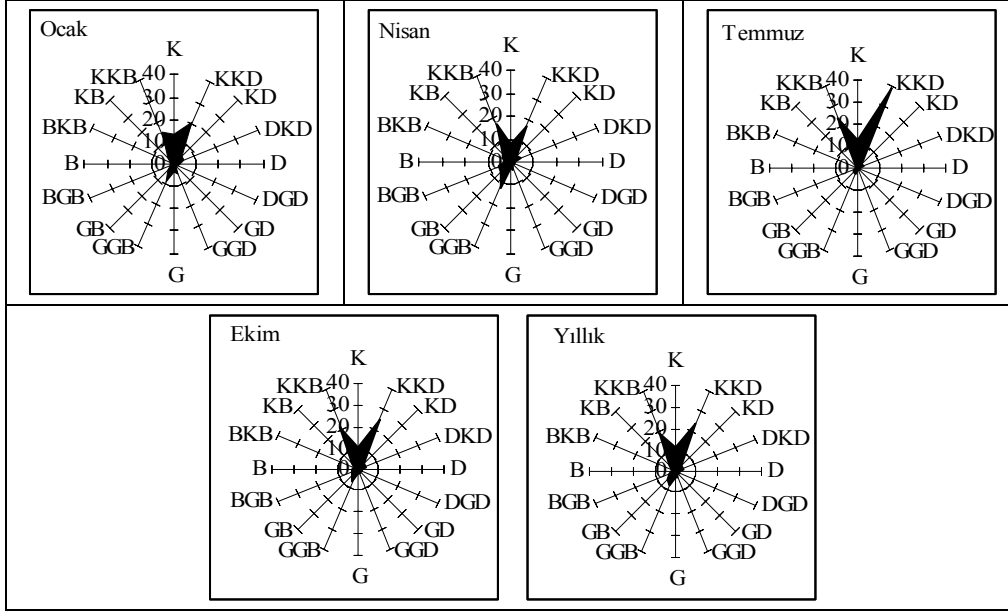
Kentin iklimi Marmara Bölgesi geçiş iklimi karakterindedir (Koçman, 1993) Yıllık ortalama sıcaklık 14.5 °C; yıllık ortalama yağış miktarı 588.5 mm'dir. Kent, kış döneminde kuzeyli soğuk hava ile cephe sistemleri, yaz döneminde ise güneyli sıcak ve kuru havanın etkisinde kalmaktadır (Koç, 2001, Tağıl, 2004). Kış aylarında Avrupa üzerinde yerleşip kuvvetlenen termik yüksek basınç şartları kuzeyli ve kuzeydoğulu hava akımları şeklinde çalışma alanını etkilemekte ve basıncın yükselmesine neden olmaktadır (Şekil 2, Tağıl, 2004). Kış aylarında yüksek basınç şartlarının yaşanmasının bir diğer nedeni de İç Anadolu üzerinden Sibiryâ kökenli yüksek basınç koşullarının kenti etkisi altına almasıdır. Yaz aylarında ise Basra alçak basıncı etkisini göstermekte ve buna bağlı olarak basınç düşmekte cephesel faaliyetler gözlenmediğinden basınç genliği de azalmaktadır. Şekil 3'te de görüldüğü gibi kent kuzey sektörlü rüzgârların etki alanı içinde olup yazın rüzgâr hızı yüksek; kışın ise daha düşüktür (Koç, 2001; Tağıl, 2004). Bölge, kış aylarında gezici alçak basınçlar ve buna bağlı batı rüzgârlarının etki alanı içindedir. Yazın ise rüzgâr yönünü sadece Basra alçak basıncı belirlemektedir. Buna bağlı olarak yaz aylarında bölge, Avrupa üzerinde genişleyen Azor yüksek basıncı ile Basra alçak basıncı arasında gelişen etezyen rüzgârlarının etkisi altında kalmaktadır. Balıkesir'de ortalama rüzgâr hızı 2.7 m/sn'dir. Rüzgâr hızının en yüksek olduğu ay temmuz (~4.0 m/sn), en düşük olduğu ay ise nisan (~2.0 m/sn) dir. Ocak ayından itibaren yükselen rüzgâr hızının nisan ve mayıs aylarında düştüğü, haziran ayından itibaren tekrar yükselip temmuz ayında en yüksek değerine ulaştığı, eylül ayından itibaren tekrar düştüğü görülmektedir (Şekil 2).



Şekil 1. Balıkesir kentinin mahalleleri ve topografyası.



Şekil 2. Balıkesir'de aylık ortalama basınç (mb), mutlak maksimum basınç (mb), mutlak minimum basınç (mb), yıllık ortalama basınç (mb), ortalama rüzgâr hızı (m/sn) ve aktüel basınç genliği (mb).



Şekil 3. Balıkesir’de mevsimlik ve yıllık rüzgâr frekans gülleri (%).

## 2.2. Veri

Bu çalışmada kullanılan grafik olmayan veriler: Balıkesir kentine ait hava kirliliği değerleri (SO<sub>2</sub> ve PM), SYHHY’nin sayısı ve nüfustur.

Balıkesir kent merkezine ait 2000-2005 dönemine ait aylık ortalama hava kirliliği verileri (SO<sub>2</sub> ve PM), Balıkesir İl Çevre Müdürlüğü’nden sayısal ortamda alınmıştır (Çizelge 1). Kentte 2000-2005 dönemi boyunca hava kirliliği ölçümü yapmış istasyonlar ve yıl içindeki ölçüm dönemleri Çizelge 1’de gösterilmiştir.

Balıkesir merkez ilçeye bağlı mahallelerin 1990 ve 2000 yılına ait nüfus verileri ve 2001-2005 dönemine ait genel nüfus projeksiyonları, Balıkesir Valiliği İstatistik Bürosu’ndan sayısal ortamda alınmıştır. Nüfus sayımları her on yılda bir yapıldığından, nüfus projeksiyonları dikkate alınarak mahallelerin 2001-2005 dönemi nüfusları için orantısal nüfus tespiti yapılmıştır.

Balıkesir kentinde hastalıkların dağılımını temsil etmek amacıyla örneklem olarak Göğüs Hastalıkları Hastanesi’nin verileri kullanılmıştır. Günlük SYHHY’ya ait veriler, bilgisayar ortamında hasta kayıtları olmadığından, 2000-2005 yıllarını kapsayan Balıkesir Göğüs Hastalıkları Hastanesi’nin günlük hasta yatış defterleri taranarak elde edilmiştir. 2005 yılında bir yıllık bir çalışmanın sonucunda 2000-2005 yıllarını kapsayan hasta yatışları bilgisayar ortamına geçirilmiş ve modellenmiştir. 2000-2005 döneminde sırasıyla 666, 582, 679, 876 ve 884 SYHHY hasta analiz edilmiştir. SYHHY ile ilişkili veriler hastaneye yatan hastaların beyan ettiği mahalle tabanlı ikametgâh adresleri ile teşhisleri şeklinde günlük, aylık ve yıllıktır. Bu kapsamda teşhisi Kronik Obstrüktif Akciğer Hastalığı (KOAH), Astım, Bronşit, Tüberküloz, Pnömoni (Zatürree), Bronkopnömoni, Astım Bronşit, Kalp yetmezliği+Üst Solunum Yolu Enfeksiyonu ve Plörezi olan hastalar istatistiklere dâhil edilmiştir. Bununla birlikte teşhisi Akciğer Apsesi, Anemi ve Parkinson olan hastalar ve adres değişikliğinde bulunanlar istatistiklere dâhil edilmemiştir. SYHHY’nin dağılımında hastaların hastaneye beyan ettikleri adresler dikkate alınmış ve bu adresler kullanılarak mekânsal konumlandırma yapılmıştır. Hasta adreslerinin cadde sokak isimlerinin eksik olması ve ayrıca Balıkesir kentinde evlerin ve sokakların numaralama işlemlerinin yapılmamış olması nokta adreslerin eşleştirilmesini imkânsızlaştırmıştır. Bu nedenle de mahalle sınırları temel alınmıştır. Nüfus artışına bağlı olarak hasta yatışlarında gerçekleşebilecek göreceli artışı önleyebilmek için SYHHY, analizlere mutlak olarak dâhil edilmemiştir. SYHHY’nin mahallelere ve merkez ilçeye dağılışı o alanda yaşayan nüfus ile ilişkili

olduğundan nüfus orantısı kurulmuş; mahaller ve merkez ilçe için binde olarak SYHHY'nin oranı hesaplanmıştır.

**Çizelge 1.** Hava kirliliği ölçüm istasyonları. Halk Sağlığı (Atatürk Mah.), 6 no'lu Sağlık Ocağı (2. Gündoğan Mah.), 9 no'lu Sağlık Ocağı (Plevne Mah.), M. Kemal Atatürk İlk Öğretim Okulu (2. Sakarya Mah.), 2 no'lu Sağlık Ocağı (Hacı İlbey Mah.) ve Verem Savaş (Eski Kuyumcular Mah.).

2000	2001	2002	2003	2004	2005
Halk S.	Halk S.	Halk S.	-	-	-
(Tüm yıl)	(Tüm yıl)	(Tüm yıl)	6 no'lu Sağ. Oc.	6 no'lu Sağ. Oc.	6 no'lu Sağ. Oc.
-	-	(II- XI, XII)	(I,II,III,IV,V- XI, XII)	(I,II,III,IV,V- X, XI, XII)	(II,III,IV,V)
-	-	9 no'lu Sağ. Oc.	9 no'lu Sağ. Oc.	9 no'lu Sağ. Oc.	9 no'lu Sağ. Oc.
-	-	(II- XI, XII)	(I,II,III,IV- XI, XII)	(I,II,III,IV- X, XI, XII)	(II,III,IV,V- X, XI, XII)
-	-	M.Kemal Atatürk	M.Kemal Atatürk	M.Kemal Atatürk	M.Kemal Atatürk
-	-	İlk Öğr.Ok	İlk Öğr.Ok.	İlk Öğr.Ok.	İlk Öğr.Ok.
-	-	(II- XI, XII)	(Tüm yıl)	(I,II,III,IV- X, XI, XII)	(II,III,IV,V,VI,VII,VIII-X, XI,XII)
-	-	2 no'lu Sağ. Oc.	2 no'lu Sağ. Oc.	-	-
-	-	(II- XI, XII)	(I,II,III,IV,V)	Verem Savaş	Verem Savaş
-	-	-	Verem Savaş	Verem Savaş	Verem Savaş
-	-	-	(XI,XII)	(Tüm Yıl)	(I,II,III,IV,V- X, XI, XII)
-	-	-	6 Eylül Mah.	-	-
-	-	-	(X)	-	-

Genel olarak Balıkesir kent merkezine ait mahalle sınırları ve yerleşme planı 1:10.000 ölçekli hali hazır haritalar kullanılarak ortaya konmuştur. Altlık veri olan 1:10.000 ölçekli kent planı koordinatlandırılarak sayısallaştırılmıştır (Şekil 1). Nüfus ve SYHHY ile ilgili grafik olmayan veriler mahallelerle birleştirilerek mekâna taşınmıştır.

Kentin topografik özelliklerini ortaya konarken 1:25.000 ölçekli topografya haritalarının J16 b1, J16 b2, J16 a1 ve J16 a2 nolu paftaları kullanılmıştır. 1:25.000 ölçekli topografya haritaları koordinatlandırılmış, izdüşümü tanımlanmış (European Datum 1950), sayısallaştırılmış ve 10 m çözünürlükte Sayısal Yükseklik Modeli (SYM) oluşturulmuştur (Şekil 1).

### 2.3. Yöntem

Aylık ortalama PH ve SO<sub>2</sub> ile SYHHY arasındaki ilişki, iki kuyruklu (two-tailed) korelasyon (Pearson r) analizi ve basit doğrusal regresyon analizi kullanılarak ortaya konmuştur. PH ve SO<sub>2</sub> ile SYHHY arasındaki ilişki saçılım grafikleri üzerinde de gösterilmiştir. 2000-2005 döneminde SYHHY, SO<sub>2</sub> ve PM'deki zamansal değişim de zaman bağımsız değişkeni dikkate alınarak doğrusal regresyon analizi ile tespit edilmiştir. SYHHY'daki mevsimsel farklılıkları gösterebilmek için ise üçer aylık hareketli ortalamalar kullanılmıştır. Verilerin istatistiksel analizleri yapılırken SPSS 10 paket programı kullanılmıştır.

SO<sub>2</sub> ve PM ölçüm sonuçlarının zaman içindeki değişimi incelenirken Hava Kalitesi Kontrol Yönetmeliği'nce belirlenmiş sınır değerler ve hedef sınır değerler ile Dünya Sağlık Örgütü'nün

belirlediği sınır değerler değerlendirilmiştir. Uzun vadede yıllık aritmetik ortalama; kısa vadede günlük değerler kullanılmıştır (Çizelge 2).

**Çizelge 2.** Türkiye’de ve dünyada SO<sub>2</sub> ve PM için hedef sınır değerler (Anonim, 1986; Müezzinoğlu, 1987; Koç ve Taşıl, 2000)

Türkiye hedef sınır değerler	SO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	PM (µg/m <sup>3</sup> )
Kısa vadeli sınır değer (KVS)	400	300
Uzun vadeli sınır değer (UVS)	150	150
Maksimum 24 saatlik Değer (HS)	150	150
Yıllık aritmetik ortalama	60	60
Dünya sağlık örgütünün sınır değerler	SO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	PM (µg/m <sup>3</sup> )
Yıllık aritmetik ortalama ölüm oranlarında artış	60	40
Solunum bozukları görülmesi (yıllık aritmetik ortalama)	100	100

Mekânsal dağılımda dört farklı alansal enterpolasyon yöntemi vardır. Bunlar alan ağırlıklı metot, poligon içinde nokta metodu, Kernel ve akıllı metottur (Sadahiro, 1999). Hem poligon içinde nokta yönteminde hem de Kernel yönteminde noktaları temsil eden lokasyonların elde edilmesi gerekmektedir. Akıllı yöntemlerde, solunum yolu hastalıkları ile ilişkili arazi kullanımı gibi diğer bilgilere de ihtiyaç vardır. Alan ağırlıklı metot solunum yolu hastalıklarının kaynak alanda düzenli dağıldığını varsaymaktadır. Bu çalışmada alan ağırlıklı metot kullanılmıştır. Bu nedenle hastaların mahalleye eşit dağıldıkları varsayılmıştır. Dağılım haritaları yapılırken oransal veriler dikkate alınmış ve dört sınıf oluşturulmuştur. Buna göre <math>\leq 2</math> düşük, <math>2-3</math> orta, <math>3-5</math> yüksek ve <math>> 5</math> çok yüksek yayılım alanlarıdır. Coğrafi dağılımın istatistikî özellikleri ise ortalama, standart sapma, 1., 2. ve 3. dörtebirlikler (çeyrekler), dörtebirlik sapma, maksimum, minimum, çarpıklık, basıklık, varyans ve varyans katsayısı hesaplanarak ortaya konmaya çalışılmıştır.

Coğrafi objelerin mekânsal deseni, yeryüzünde hüküm süren fiziki ya da kültürel süreçlerin bir sonucu olup coğrafi objelerin neden ve nasıl dağıldığını ortaya koymaktadır (Lee ve Wong, 2000). Coğrafyanın birinci kuralı; “Herşey birbiriyle ilişkilidir ama yakın şeyler daha fazla ilişkidir” (Tobler, 1970). Bu olgu mekânsal oto-korelasyon (Spatial Autocorrelation) olarak adlandırılmaktadır. Kısacası yakın ve uzak şeyler arasındaki ilişkinin ortaya konulması mekânsal oto-korelasyondur. Bu kapsamda Balıkesir kentinde SYHHY’nin nasıl dağıldığını ortaya koyabilmek için mekânsal desen ve yıllar arasında değişimi verebilmek için mekânsal süreç çalışılmıştır. SYHHY’nin desenini ortaya koyabilmek için mekânsal istatistiğe ihtiyaç vardır. Bu kapsamda mekânsal desen; küme, dağınık ve rasgele olarak tanımlanmaktadır. Bu çalışmada mekânsal oto-korelasyon yöntemlerinden Moran I (Anselin, 1995), Geary Oranı (Anselin, 1995), Global G İstatistiği (Ord ve Getis, 1995), Lokal Moran I, Lokal G İstatistiği ve Moran Saçılım Grafiği (Anselin, 1995) hesaplamaları yapılmıştır. Bütün bu istatistikî yöntemlerle ilgili ayrıntılı bilgi Lee ve Wong (2000) dan elde edilebilir. Çizelge 3, söz konusu göstergelerle ilgili eşitlikleri göstermektedir. Mekânsal oto-korelasyonda pozitif mekânsal oto-korelasyon küçük ya da büyük değerlerden oluşan benzer değerlere bağlı kümelenmeyi, negatif oto-korelasyon dağınık deseni ve az ya da hiç olmayan mekânsal oto-korelasyon rasgele deseni göstermektedir.

Moran I (I) hesaplanmış oransal sürekli verileri analiz etmektedir (Cliff ve Ord, 1971; Lee ve Wong, 2000). I, -1 (negatif mekânsal oto-korelasyon) ile +1 (pozitif mekânsal oto-korelasyon) arasında değişen değerleri vermektedir. Kısaca, negatif değerler komşu değerlerin çok farklı olduğunu; pozitif değerler kümelenme olduğunu; 0 ise gözlenen değerlerin rasgele dağıldığını göstermektedir.

Geary Oranında (C) sonuç 0 ile 2 arasında değişmektedir. 0 mükemmel pozitif mekânsal oto-korelasyonun, 1 mekânsal oto-korelasyon olmadığının ve 2 ise mükemmel negatif mekânsal oto-korelasyonun kanıtıdır (Lee ve Wong, 2000). Geary Oranında negatif standartlaştırılmış değerler (z)

pozitif mekânsal oto-korelasyonu; pozitif z değeri negatif mekânsal oto-korelasyonu göstermektedir. Hem I da hem de C de tahmin (stochastic) matrisi kullanılmıştır.

**Çizelge 3.** Moran I, Geary Oranı, Lokal Moran I, G-İstatistiği, Lokal G-İstatistiği ve Moran Saçılım Grafiği eşitlikleri (19).

Moran I	Geary oranı	Lokal Moran I
$I = \frac{n \sum \sum w_{ij} (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{W \sum (x_i - \bar{x})^2}$	$C(d) = \frac{(n-1) \sum \sum w_{ij} (x_i - x_j)^2}{2W \sum (x_i - \bar{x})^2}$	$I_i = x_i \sum_i w_{ij} x_j$
Global G-istatistiği	Lokal G-istatistiği	Moran saçılım grafiği
$G(d) = \frac{\sum \sum w_{ij}(d) x_i x_j}{\sum \sum x_i x_j}$	$G_i(d) = \frac{\sum_j w_{ij}(d) x_j}{\sum_j x_j}$	$x = a + IWx$
n: gözlem sayısı; Xi: belirli bir lokasyondaki değişken değeri; Xj: farklı bir lokasyondaki değişken değeri; $\bar{x}$ : değişkenlerin ortalaması; Wij: lokasyon i ile j arasındaki ilişkiyi veren matris; d: mesafe; W: ağırlık matrisi		

Global G İstatistiği (G) sıcak alanları (hot spot) ve soğuk alanları (cold spot) ortaya koymaktadır (Ord ve Getis, 1995). Bu analiz mesafe matrisi ile yapılmıştır. Sıcak alanlar ve soğuk alanlar, mekânsal yoğunlaşmayı göstermektedir. Burada sıcak alanlar pozitif değerlerden oluşan kümelenmeyi; soğuk alanlar ise negatif değerlerden oluşan kümelenmeyi vermektedir. Yüksek pozitif z değerleri, mekânsal desenin yüksek değerde kümelerden oluştuğunu, tam tersi durum ise düşük değerde kümelerden oluştuğunu göstermektedir (Lee ve Wong, 2000; Ord ve Getis, 1995).

Mahallerin SYHHY bakımından çevre mahallerden farklı olup olmadığını ve bu farklılığın anlamlı olup olmadığını ortaya koymada ve kümelenmenin haritalanmasında mekânsal birlikteliğin yerel göstergeleri (Local Indicators of Spatial Association- *LISA*) ve Lokal G-İstatistiği ( $G_i$ ) kullanılmıştır (Anselin, 1995; Lee ve Wong, 2000; Ord ve Getis 1995). Burada *LISA*, Moran I ( $I_i$ ) ve Geary Oranının yerel sürümüdür.  $I_i$  komşu değerlerin birbiri ile nasıl ilişkili olduğunu göstermektedir. Bu kapsamda yüksek  $I_i$  değerleri birbirine benzeyen komşu değerlerin meydana getirdiği kümelenmenin olduğunu; düşük değerler ise benzer değerlerden olmayan kümelenmenin olduğunu göstermektedir.  $G_i$ , harita üzerinde düşük ya da yüksek değerlerden kümelenme olup olmadığını göstergesidir. Yüksek değerdeki  $G_i$  ortalamadan yüksek değerlere sahip komşu mahallerin; düşük değerdeki  $G_i$  ortalamadan düşük olan komşu mahallelerin kanıtıdır.

Mekânsal kümelenmenin haritalanmasında z değerleri kullanılmıştır. Anlamlılık düzeyi 0.05 için z değerinin istatistikî olarak anlamlı olması için -1.96'dan daha az ya da 1.96'dan daha fazla olması; anlamlılık düzeyi 0.50 için ise z değerinin istatistikî olarak anlamlı olması için -0.675'ten daha az ya da 0.675'ten daha fazla olması gerekmektedir. Bu kapsamda beş sınıf oluşturulmuştur:  $\leq -1.96$ ,  $-1.96 - -0.675$ ,  $-0.675 - 0.675$ ,  $0.675 - 1.96$  ve  $\geq 1.96$ .

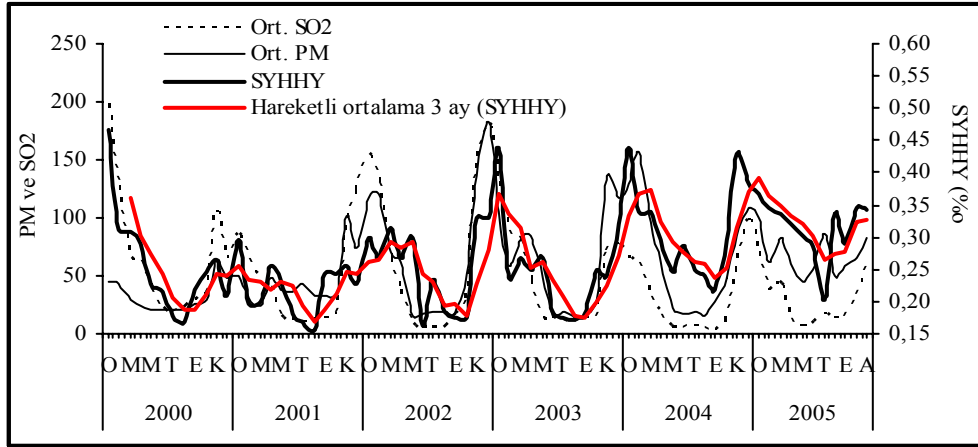
Çizelge 1'de de görüldüğü gibi kentte yıl boyunca farklı noktalardan kirlilik ölçümü yapılmadığı için kirleticilerin alansal değişimi ile hastalıkların değişimi arasındaki mekânsal ilişki kurulamamıştır. Ancak kirleticilerin çanak şeklini andıran Balıkesir'de yükseltisi fazla olmayan çukur alanlarda fazla olduğu bilinmektedir. Bu nedenle topografya ile hastalıkların dağılışı arasında ilişki olup olmadığı da araştırılmıştır.

### 3. Bulgular

#### 3.1. Zamansal Dağılım-Zamansal Kümelenme

SYHHY'nin zamansal kümelenmesi zamanda SYHHY'nin düzenli dağılıp dağılmadığını göstermesi bakımından önemlidir. Şekil 4, 2000-2005 yılları arasında yatan hasta sayısında meydana gelen zamansal değişimi göstermektedir. Mevsimlere bağlı olarak yatan hasta sayısında meydana gelen değişim, üçer aylık hareketli ortalama eğrisi ile gösterilmiştir (Şekil 4). Yapılan analizler, çalışma dönemi boyunca kış aylarında hem PM ve  $SO_2$ 'nin hem de yatan hasta sayısının arttığını göstermiştir.





Şekil 4. Aylık ortalama PM ve SO<sub>2</sub> (µg/m<sup>3</sup>) ile SYHHY'nin (%) oranı ve SYHHY'nin üçer aylık hareketli ortalaması (2000-2005).

Genel olarak 2000'den 2005'e kadar yatan hasta sayısında artış olduğu dikkati çeken bir diğer bulgudur. Ancak araştırma dönemi boyunca ortalama PM değerleri artmakla birlikte SO<sub>2</sub>'de aynı artış gözlenmemiştir. Zaman bağımsız değişkeni ile SO<sub>2</sub> değerleri arasında zayıf derecede anlamlı olarak negatif korelasyon ( $r=-0.259$   $p<0.05$ ), PM değerleri arasında zayıf derecede anlamlı olarak pozitif korelasyon ( $r=0.288$   $p<0.05$ ) ve SYHHY değerleri arasında orta derecede anlamlı olarak pozitif korelasyon ( $r=0.374$   $p<0.01$ ) vardır. Bu, SYHHY ve PM'de artış; SO<sub>2</sub>'de azalış olduğunu 0.05 anlamlılık düzeyi ile göstermektedir. SO<sub>2</sub>'deki azalış Türkiye'deki sıralamasını geriletirken; PM'deki artış Türkiye sıralamasında yerinin üst sıralara çıkmasına neden olmuştur (Çizelge 4; Anonim, 2006a). Balıkesir Belediyesi Stratejik Planı'nda burada değerlendirilmesi yapılmayan 2005-2006 Kış sezonu için Balıkesir il merkezi kirlilik açısından I. grup kirli iller arasında yer aldığı rapor edilmiştir. (Anonim, 2006a). SO<sub>2</sub>'deki düşme, sadece Balıkesir'de değil Türkiye genelinde de gözlenmiştir (Bayram, 2005). Bunun nedeni yüksek standartlı kömür kullanımı, kömür zenginleştirme ve yakma sistemlerindeki ilerleme olduğu düşünülmektedir (Bayram, 2005). Bununla birlikte 2005 yılından itibaren kentin bir bölümünde doğal gaz da kullanılmaya başlanmıştır. Bunun gelecek dönemlerde SO<sub>2</sub>'de daha belirgin düşüşlere neden olması muhtemeldir.

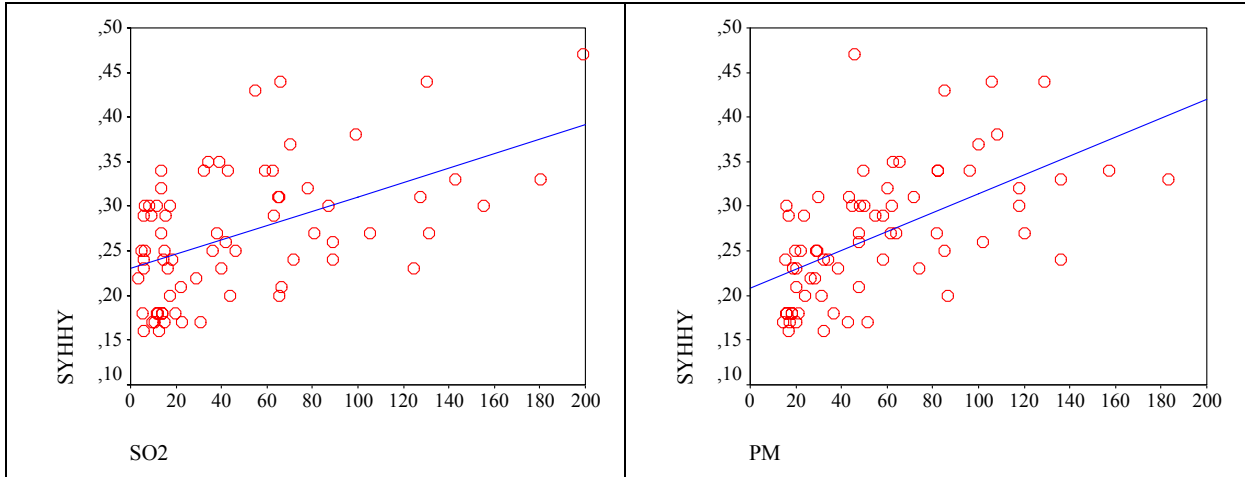
Çizelge 4. 2000-2005 yılları arasında Balıkesir ilinin kirlilik sıralamasındaki yeri (Anonim, 2006a).

Dönemler	2000-2001	2001-2002	2002-2003	2003-2004	2004-2005
SO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	67	97	115	58	49
Sıralama	27	21	17	32	35
PM (µg/m <sup>3</sup> )	41	86	95	120	78
Sıralama	29	13	10	4	8

PM ve SO<sub>2</sub> ile SYHHY arasındaki ilişkiyi göstermek Pearson r hesaplanmıştır (Çizelge 5). SYHHY ile SO<sub>2</sub> değerleri arasında anlamlı olarak pozitif korelasyon vardır ( $r=0.511$   $p<0.001$ , Şekil 5). Aynı şekilde SYHHY ile PM değerleri arasında da anlamlı pozitif korelasyon vardır ( $r=0.567$   $p<0.001$ , Şekil 5). 2000-2005 dönemi aylık ortalama durum incelendiğinde daha yüksek anlamlı korelasyonun olduğu saptanmıştır. Şöyle ki uzun dönemlik aylık ortalama SYHHY ile SO<sub>2</sub> ve PM arasında güçlü derecede anlamlı pozitif ilişki saptanmıştır. Sırasıyla SYHHY ile SO<sub>2</sub> arasındaki ilişki 0.875; PM ile SYHHY arasındaki ilişki 0.833'tür ( $p<0.001$ ). Kısaca, SYHHY ile SO<sub>2</sub> ve PM arasında 0.99 güven aralığı ile geçerli bir ilişki olduğu saptanmıştır.

**Çizelge 5.** SO<sub>2</sub> ve PM ile SYHHY arasındaki korelasyon ve regresyon analiz sonuçları.

	2000-2005 dönemi		Uzun yıllık aylık ortalama	
	SO <sub>2</sub>	PM	SO <sub>2</sub>	PM
S Pearson r	0.511	0.567	0.875	0.837
Y R <sup>2</sup> (determinasyon katsayısı)	0.261	0.321	0.765	0.700
H Düzeltilmiş R <sup>2</sup>	0.251	0.311	0.741	0.670
H Serbestlik derecesi-F	24.420	32.632	32.550	23.311
Y a (ilişkinin düzeyi)	0.230	0.209	0.210	0.179
b (ilişkinin yönü)	0.0008079	0.001054	0.00126	0.001568



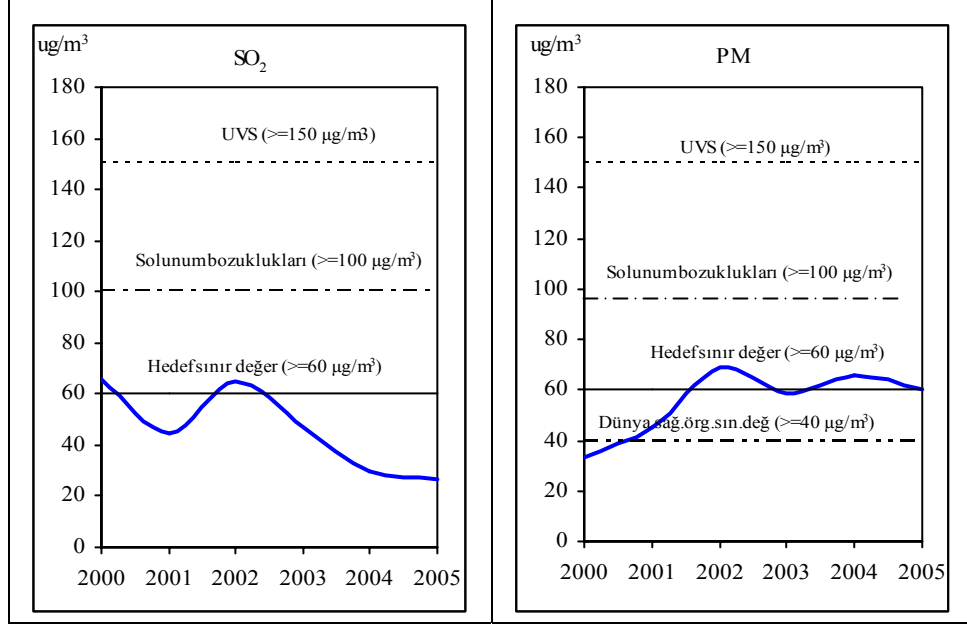
**Şekil 5.** SO<sub>2</sub> (µg/m<sup>3</sup>) ve PM (µg/m<sup>3</sup>) ile SYHHY (%) arasındaki ilişkiyi gösteren saçılım grafikleri (2000-2005).

Hem PM'in hem de SO<sub>2</sub>'nin beraber SYHHY üzerine etkisi araştırıldığında anlamlı pozitif korelasyonun olduğu saptanmıştır ( $r=0.598$ ,  $r^2=0.358$ ,  $p<0.001$ ). SYHHY'nin %36'sı PM ve SO<sub>2</sub> değişkenlerince açıklanmaktadır. Aynı ilişki uzun yıllık aylık ortalama verilere dikkate alınarak yapıldığında ise SYHHY'nin %71'i PM ve SO<sub>2</sub> değişkenlerince açıklandığı görülmektedir ( $r=0.875$ ,  $r^2=0.713$ ,  $p<0.001$ ).

Bir günden diğerine kirleticilerin değişmesine bağlı olarak yatan hasta sayısında değişme olup olmadığı araştırılmıştır. Özellikle kış aylarında SYHHY'da bir günden diğerine kirleticilerdeki değişime bağlı olarak artış ve azalışların olduğu tespit edilmiştir. Bu amaçla rasgele farklı dönemler örnek olarak incelenmiştir. Buna göre örneğin 06-07-08 Aralık 2000 tarihlerinde sırasıyla SO<sub>2</sub> 59-66-26 (µg/m<sup>3</sup>), PM 67-82-38 (µg/m<sup>3</sup>) olmuş ve SYHHY mutlak 3-5-2 kişi olarak değişmiştir. Bu da günlüklere inildiğinde güçlü pozitif yönde korelasyonun olduğunu göstermektedir. Benzer durum yıl içerisinde tekrar etmiştir. Ancak bazı dönemlerde hemen aynı gün içinde, bazı zaman dilimlerinde ise birkaç gün sonra başvurulara artışın olduğu görülmüştür. Buna örnek olarak 06 Şubat 2004 Cuma SO<sub>2</sub> 125 (µg/m<sup>3</sup>), PM 409 (µg/m<sup>3</sup>) olmuş hasta sayısı 6 ile bir önceki günden fazla olmuştur. Hafta sonu ise PM nin hala yüksek seyretmesi (209 µg/m<sup>3</sup>) ne rağmen hasta sayısı 2'ye düşmüş, fakat Pazartesi birden bire PM 109 (µg/m<sup>3</sup>), SO<sub>2</sub> 45 (µg/m<sup>3</sup>)'e düşmesine rağmen hasta sayısı 11'e yükselmiştir. Bu, kirleticilerin arttığı dönemin hafta sonuna denk gelmesinin bir sonucudur. Aynı şekilde hava kirleticilerdeki düşmeye bağlı olarak hasta sayısında bariz düşmelerin olduğu günler de tespit edilmiştir. Kısaca hava kirliliği ile solunum yolu problemlerinden dolayı hastaneye yatanların oranı arasında doğrusal bir eğilim vardır.

Çalışma kapsamında 2000-2005 rasat dönemine ait günlük SO<sub>2</sub> ve PM değerlerinde Hava Kalitesi Kontrol Yönetmeliği'nce belirlenmiş sınır değerler ve hedef sınır değerler ile Dünya Sağlık Örgütü'nün belirlediği sınır değerler kullanılarak değerlendirme yapılmıştır. Buna göre yıllık ortalama

durum incelendiğinde PM'in Dünya Sağlık Örgütü'nün sınır değerini ve hedef sınır değeri 2002 yılından sonra sürekli aştığı belirlenmiştir (Şekil 6). Bununla birlikte SO<sub>2</sub> sadece 2000 ve 2002'de hedef sınır değeri aşmıştır. Çizelge 6 incelendiğinde günlük ortalamalarda hem PM hem de SO<sub>2</sub> kasım-şubat döneminde Türkiye hedef sınır değer olan 150 µg/m<sup>3</sup>'ü aşmıştır. KVS incelendiğinde ise SO<sub>2</sub>'nin hiç KVS'yi aşmadığı gözlenirken kış aylarında PM'in KVS'yi aştığı belirlenmiştir. (Çizelge 6).



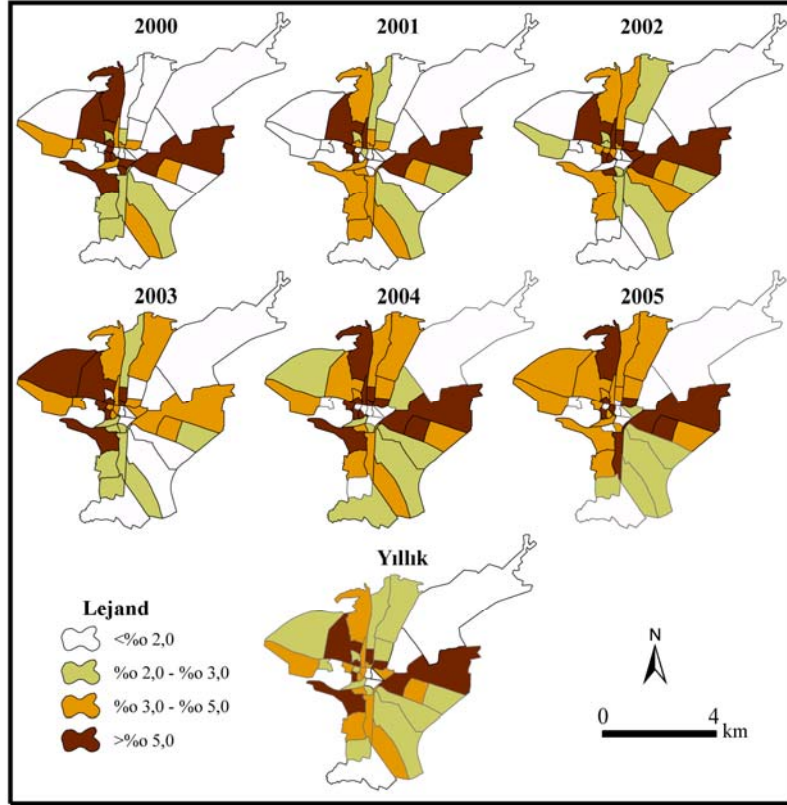
Şekil 6. Yıllık ortalama SO<sub>2</sub> ve PM değerleri ve sınır değerler.

Çizelge 6. Balıkesir'de KVS ve HS değerlerin aşıldığı gün sayıları (2000-2005).

Sınır değerler	A Y L A R												Toplam	
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII		
SO <sub>2</sub> KVS (>400)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
HS (>150)	57	22	2	0	0	0	0	0	0	0	0	32	36	148
PM KVS (>300)	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	5	
HS (>150)	34	22	3	1	0	0	0	0	0	1	37	30	126	

### 3.2. Alansal / Coğrafi Dağılım

Hastalıkların alansal dağılımı Balıkesir kentinde hastalıkların kent alanına nasıl dağıldığını göstermesi bakımından önemlidir. Şekil 7, SYHHY'nin mahallere göre jeo-grafik dağılımını göstermektedir. Çizelge 7'de de SYHHY'nin mahallelere göre istatistikî özellikleri verilmiştir.



Şekil 7. Balıkesir'de SYHHY'nin dağılım haritaları (2000-2005).

Çizelge 7. Balıkesir'de SYHHY'nin istatistikî dağılım özellikleri.

İstatistikî göstergeler	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Ortalama	3.4	2.8	3.3	3.6	4.0	3.9
Standart sapma	2.4	1.8	1.9	2.2	2.4	2.3
Minimum	0.5	0.0	0.0	0.4	0.4	0.4
1. Dörttebirlik	1.6	1.4	1.7	2.0	2.0	2.0
2. Dörttebirlik (Ortanca)	2.7	2.6	2.8	3.1	3.5	3.5
3. Dörttebirlik	4.9	3.7	4.5	4.8	5.7	4.5
Maksimum	10.3	9.0	7.4	11.3	11.1	10.8
Dörttebirlik sapma	1.6	1.1	1.4	1.4	1.8	1.3
Çarpıklık (Skewness)	1.0	1.0	0.5	1.2	0.9	0.9
Basıklık (Kurtosis)	0.4	1.5	-0.8	1.8	0.2	0.5
Varyans	5.7	3.2	3.6	5.0	5.9	5.4
Varyans katsayısı	0.7	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6

SYHHY Atatürk ve Paşalanı mahallerinde her zaman düşük; Gümüşçeşme, Dinkçiler, 1. Sakarya, 2. Sakarya, Altıeylül, Eski Kuyumcular, Karaoğlan, Aygören ve Hacı İsmail mahallerinde ise yüksek olmuştur. Yüksek yatış oranına sahip mahalleler Koca Dere, Haydar Dere ve diğer akarsuların

içinden geçtiği mahalleler olmaları ile dikkati çekmektedir (Şekil 1). Bahçelievler, Plevne ve Hasanbasri Çantay mahallerinin hasta yatış oranları ise genellikle orta seviyede olmuştur. Şekil 7 incelendiğinde, çalışma dönemi boyunca genellikle KD'daki en uç mahalle olan Paşaalanı'nda ve G'deki en uç mahalle olan Gaziosmanpaşa'da SYHHY'in düşük olduğu tespit edilmiştir.

Balıkesir'de 2000-2005 yılları arasında mahallelere göre SYHHY'in yıllık oranı ~% 3.0-4.0 tür (Çizelge 7). Kent içinde SYHHY'in en az olduğu mahalleler 2000 de Yıldırım, 2001-2002'de Hisariçi ve 2004-2005'te Eski Kuyumcular'dır. Araştırma dönemi boyunca SYHHY'in en fazla olduğu mahaller ise 2001'de Çay ve 2003'te Hisariçi; diğer yıllar ise Aygören olmuştur.

Mahallere göre SYHHY'in dağılımının istatistikî özellikleri incelendiğinde, 2000-2005 döneminde minimum, maksimum değerler ve diğer istatistikî veriler artmıştır (Çizelge 7). Dörttebirliklere göre SYHHY'in mahallelere dağılışı asimetriktir. Çarpıklığa göre de bu asimetri pozitif asimetriktir. Dağılımın basıklık özelliği incelendiğinde ise genel olarak az sivri olduğu; 2002 de ise daha düz bir dağılımın olduğu tespit edilmiştir. Dağılımın az sivri olması, dağılımdaki verinin esas kısmının yüksek derecede konsantrasyona sahip olduğunu göstermektedir. Varyans 2001 ve 2002 yıllarında düşmüş fakat daha sonra tekrar artış eğilimine geçmiştir. Mahallelere göre SYHHY'in standart sapmasında çok büyük değişimler tespit edilmemiştir. Sadece 2001 ve 2002 yıllarında standart sapma diğerler yıllardan göreceli olarak daha düşük olmuştur.

### 3.3. Mekânsal kümelenme

Yukarıda SYHHY'in coğrafi dağılışı verilmiştir. Bu, sadece mahalle tabanlı yapılmış bir analizdir. Bu amaçla hastaneye yatanların kentte kümelenme oluşturup oluşturmadığı çalışılmalıdır (Çizelge 8). Bu kapsamda alansal desendeki değişimin bilinmesi alansal dağılışı denetleyen etmenlerin ortaya konmasında önemlidir. Coğrafi objelerde bu etmenler, çevresel ya da kültürel faktörler tarafından kontrol edilmektedir. Mekânsal deseni ortaya koyabilmek için iki komşu mahalle çiftinin benzerliği ve benzemezliği dikkate alınmıştır. Mekânsal desenin zaman içindeki değişimi her yıl için Moran I, Geary Oranı, G istatistiği ve Moran Saçılım Grafiği ile ortaya konmaya çalışılmıştır. Sonuçlar Çizelge 8'de verilmiştir.

**Çizelge 8.** Balıkesir'deki SYHHY için mekânsal oto-korelasyon istatistikleri.

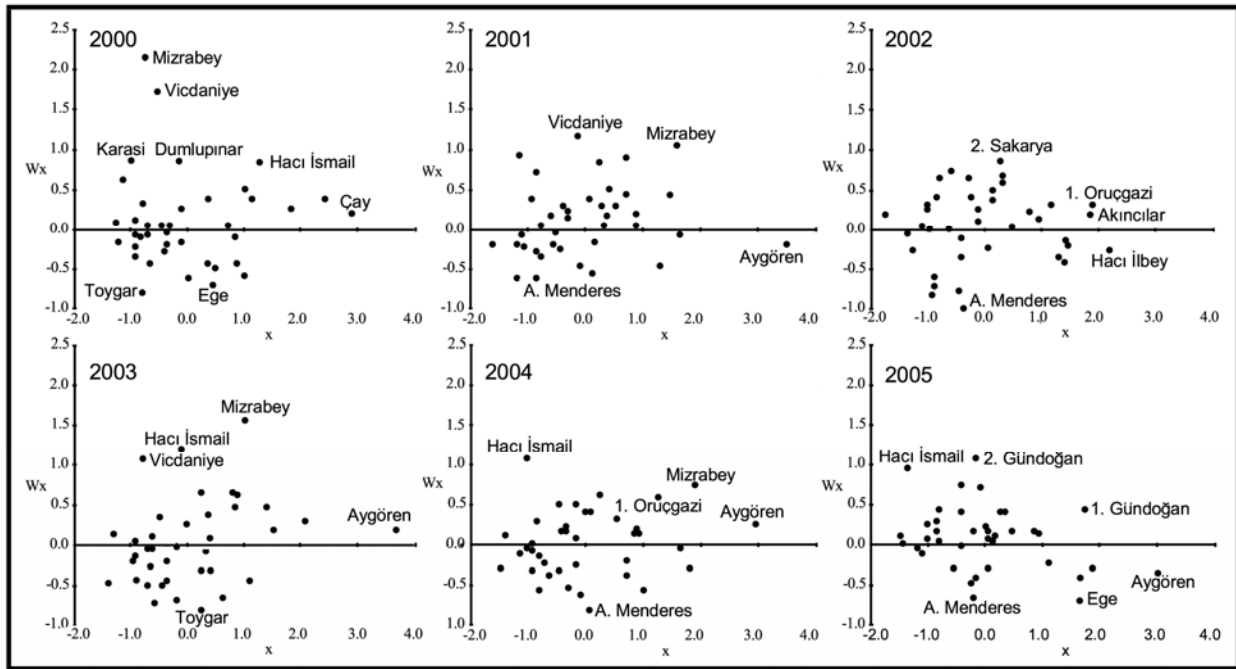
Göstergeler	2000	2001	2002	2003	2004	2005	Ortalama
Moran I							
I	0.01	0.09	0.02	0.13	0.06	-0.12	0.05
z-değeri	0.21	1.14	0.48	1.58	0.85	-0.98	0.73
Geary oranı							
C	1.00	0.93	0.97	0.81	0.87	1.12	0.93
Beklenen C	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
z-değeri	0.00	-0.65	-0.31	-1.73	-1.17	1.08	-0.68
G istatistiği							
G	0.15	0.15	0.14	0.14	0.14	0.13	0.14
z-değeri	1.41	1.43	0.91	0.84	0.51	0.34	1.12
Moran saçılım grafiği							
R <sup>2</sup>	0.00	0.04	0.00	0.06	0.02	0.10	0.01
a	0.10	0.12	0.05	0.03	0.02	0.09	0.09
b (Moran I)	0.01	0.09	0.02	0.13	0.06	-0.12	0.05

Moran I değerlerinin +1 ve -1 aralığında olma durumu dikkate alındığında, Balıkesir kentinde SYHHY'in dağılımı ne tam kümelenme göstermiş ne de tam olarak dağınık olmuştur. Moran I, 2005 yılında negatif, diğer yıllarda ise pozitif değer almıştır. Buna göre, 2005 yılında negatif mekânsal oto-korelasyon; diğer yıllarda ise pozitif mekânsal oto-korelasyon olduğu belirlenmiştir. Bununla birlikte

anlamlılık düzeyi 0.05 alındığında, z değerinin -1.96'dan düşük ve +1.96 dan yüksek olmaması nedeniyle, hiçbir yılda SYHHY'nin deseni istatistikî olarak anlamlı olmamıştır (Çizelge 8).

Geary oranı, Moran I'de olduğu gibi mekânsal oto-korelasyonu test etmektedir (Çizelge 8). Beklenen Geary oranının 1 olması mekânsal oto-korelasyon olmadığını; bu da mahalleler arasında SYHHY'nin rasgele dağılmış olduğunu göstermektedir. 2000 ve 2005 yıllarında pozitif z değeri ve 1'den büyük olan Geary oranı, bu yıllarda negatif mekânsal oto-korelasyon olduğunu kanıtlar.

G istatistiği mekânsal konsatrasyonu göstermesi bakımından önemlidir. G'nin pozitif olması yüksek değerlerden olan kümelenmeyi, negatif olması düşük değerlerden olan kümelenmeyi göstermektedir. G hesaplama sonuçlarına göre Balıkesir'de SYHHY'da orta düzeyde mekânsal oto-korelasyon olmuştur (Çizelge 8). Z (G) değerine göre yüksek SYHHY oranına sahip mahaller, daha düşük oranlara sahip mahallelerle komşu olmuştur. Bu ilişki istatistikî olarak anlamlı değildir. G değerlerinin 0'dan farklı ve pozitif olması, desenin düşük değerlerden olan kümelenmeden ziyade orta ve yüksek değerlerden olan kümelenmeye doğru olduğu sonucunu vermektedir.

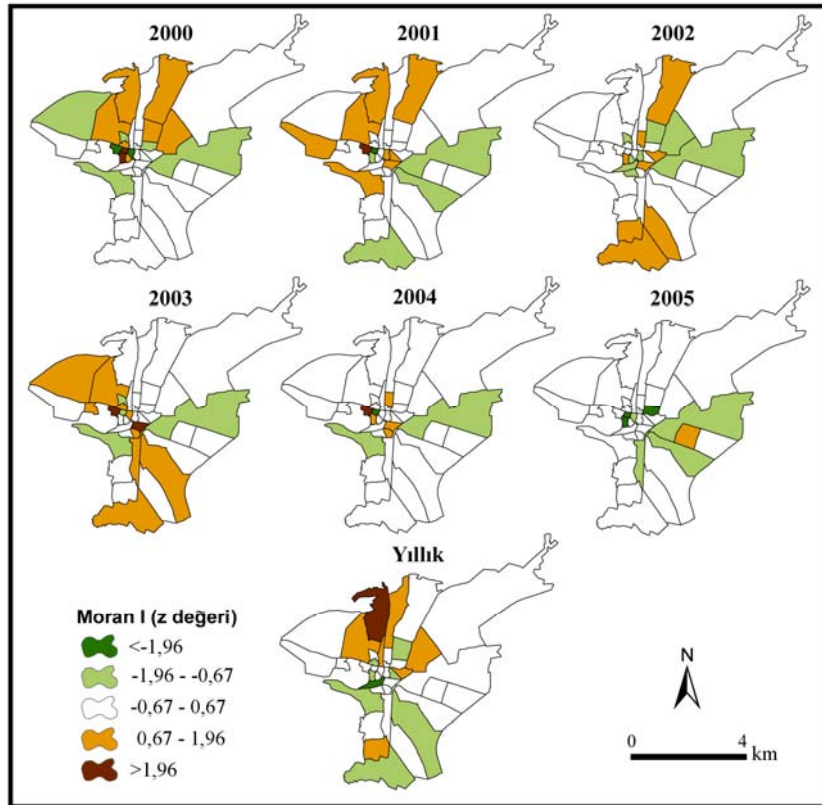


Şekil 8. Moran saçılım grafikleri (x: SYHHY; 2000-2005).

Moran saçılım grafiği mahallelerdeki SYHHY'nin oranının kısmi negatif mekânsal oto-korelasyon olduğunu göstermiştir (Şekil 8). Buna göre de yüksek SYHHY oranına sahip mahaller düşük SYHHY oranına sahip olanlarla yan yana olmuştur. Eğim (b)'in negatif olması negatif, pozitif olması pozitif mekânsal oto-korelasyonu göstermektedir (Çizelge 8). Ancak Balıkesir'de eğimin çok yüksek değerlere sahip olmaması SYHHY'nin dağılımının ne tam pozitif ne de tam negatif mekânsal oto-korelasyona sahip olmadığını bir kanıttır. Diğer bir deyişle Balıkesir'de SYHHY mekânda ne tam kümelenmiş ne de tam saçılmıştır. Şekil 8'de Moran saçılım grafiklerinde aşırı uçlarda olan mahalleler gösterilmiştir. Ekstrem uçlardaki mahalleler incelendiğinde en alt sağ köşedeki mahalleler yüksek yatış oranına sahip mahalleler olup düşük yatış oranına sahip mahallelerle; üst sol köşedeki mahalleler ise düşük yatış oranına sahip olup yüksek oranlara sahip mahallelerle çevrelenmiştir. X aksisi üzerindeki uç mahalleler ise çevresine göre çok yüksek oranlara sahip mahallelerdir.

Yukarıdaki analizler genel olarak kentte SYHHY'nin kümelenmesini vermektedir. Mahalle mahalle kümelenmenin olup olmadığını gösterebilmek için Lokal Moran I (Ii) ve Lokal G istatistiği (Gi) kullanılarak Şekil 9 ve 10 oluşturulmuştur. Mekânsal farklılıklar, kentin bir kısmında kümelenmeye diğer tarafında dağınık desene neden olabilmektedir. Bu durumun tespiti kümelenmenin

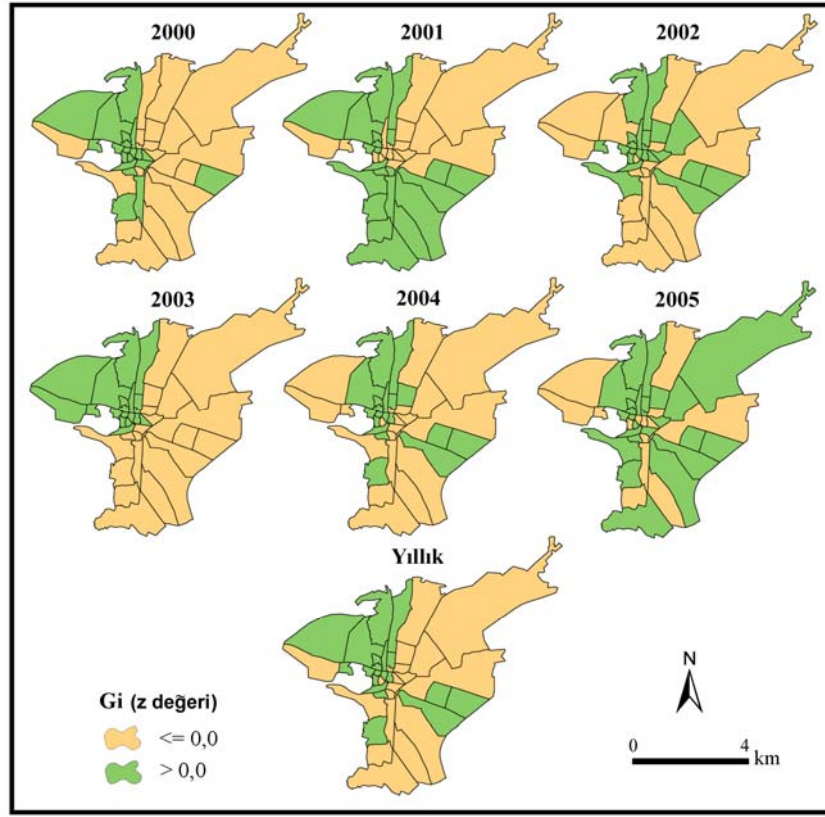
ya da dağınık desenin nedeni olan mekânsal farklılıkları ortaya koymada faydalıdır. Balıkesir kentinde SYHHY'nin kümelenmesi, araştırma dönemi boyunca bir yıldan diğerine değişmiştir (Şekil 9). 2000 ve 2001 yıllarında birbirine benzer değerlerden oluşan kümelenme kentin kuzeybatısında 1. Sakarya ve Toygar mahalleleri arasında; 2002 ve 2003 yıllarında güneyinde Gazi Osman Paşa Mahallesi çevresinde gözlenmiştir. 2004 ve 2005 yıllarında ise kent merkezi hariç tam olarak bir kümelenme tespit edilememiştir. Hemen hemen her yıl Gümüşçeşme ve Hasan Basri Çantay mahalleleri benzer değerlerden olmayan dağınık desene sahip olmuştur. Genel olarak, kentte SYHHY'nin dağılışı 0.05 güven düzeyi ( $z: 1,96$ ) dikkate alındığında anlamlı kümelenme göstermemiştir. Burada göz önünde bulundurulması gereken bir konu, yüksek ya da düşük değerler SYHHY'nin sayısının yüksek ya da düşük olduğu anlamına gelmemekte; sadece benzer değerlerden oluşan anlamlılık olup olmadığını göstermektedir.



Şekil 9. Balıkesir'in 2000-2005 dönemi için lokal Moran I haritaları (2000-2005).

Şekil 10. SYHHY açısından yüksek ve düşük oranlardan oluşan alanların kümelenmesini vermektedir. Diğer bir deyişle, Şekil 10 üzerinde sıcak (riskli) ve soğuk (risksiz) alanlar gösterilmiştir. Balıkesir'de 2000-2005 dönemi boyunca anlamlılık açısından en büyük ve en küçük  $z$  ( $G_i$ ) değerleri incelendiğinde yıllar arasında değişikliklerin olduğu tespit edilmiştir. En büyük ve en küçük  $z$  ( $G_i$ ) değerleri incelendiğinde Mizrabey (2000) ve Hacı İsmail (2001, 2002, 2003, 2004, 2005) göreceli olarak ortalamadan yüksek değerlere sahip komşu mahallerle; Gümüşçeşme (2000, 2001, 2003, 2004), Plevne (2002) ve Ege (2005) ise ortalamadan düşük değerlere sahip komşu mahallerle çevrelenmiştir. Uzun yıllık ortalama durumunda ise Gümüşçeşme düşük değerlere sahip mahallelerle; Hacı İsmail ise yüksek değerlere sahip mahallelerle çevrelenmiştir. Bu da Hacı İsmail Mahallesi ve çevresinin solunum yolu hastalıkları açısından sıcak alan olduğunu göstermektedir.





Şekil 10. Balıkesir'in 2000–2005 dönemi için lokal G istatistiği haritaları (2000-2005).

#### 4. Sonuç ve Öneriler

Bu çalışmada Balıkesir kentinde değişken risk faktörü olan PM ve SO<sub>2</sub> ile solunum yolu hastalıkları arasındaki zamansal ve mekânsal ilişkinin ortaya konması amaçlanmıştır. Solunum yolu hastalıklarından hastaneye yatışların kent içindeki dağılışı özellikleri mekânsal analiz metodlarından mekânsal oto-korelasyon indeksleri ve haritaları kullanılarak ortaya konmuştur.

Bulgular Balıkesir kentinde hava kirliliği ile hastane yatışları arasında anlamlı pozitif yönlü bir ilişkiyi ortaya koymuştur. Hava kirliliğindeki artış ile SYHHY'daki artış arasındaki ilişkinin oldukça yüksek olduğu tespit edilmiştir. Buna bağlı olarak hava kirliliğindeki mevsimsel değişiklikler, SYHHY'da da mevsimsel değişikliklere neden olmuştur. Diğer bir deyişle kış aylarında hava kalitesinin düşmesi hastalıklarda artışa neden olmuştur. Genel olarak 2000-2005 döneminde solunum yolu hastalıklarından hastaneye yatanların sayısında artış tespit edilmiştir. Bu, hava kirliliği unsurlarından PM deki artışla paralellik göstermektedir. Balıkesir kentinde gözlenen bu durum Türkiye'deki farklı kentlerde de gözlenmiştir. Örneğin İstanbul'da da PM düzeyi ile akut solunum yolları hastalıkları nedeniyle yapılan hastane başvuruları arasında (Bebek, 1996); Ankara'da da SO<sub>2</sub> ve PM konsantrasyonu ile astıma bağlı acil başvurular arasında (Berktaş ve Bircan, 2003); Eskişehir'de SO<sub>2</sub> düzeyleri ile üst ve alt solunum yolu enfeksiyonları, KOAH ve kor pulmonal nedeniyle acil hastane başvurularında artış arasında (Ünsal ve diğ., 1999); İzmit'te de PM konsantrasyonu ile ilişkili olarak astıma bağlı hastane başvurularında artış arasında (Çelikoğlu, 1999) ilişki belirlenmiştir. Yapılan analizler PM ve SO<sub>2</sub> konsantrasyonlarındaki artışın olduğu günde değil birkaç gün gecikmeyle de SYHHY'da artış olduğunu göstermiştir. Bu, bazı durumlarda hava kirliliğinin hastalar üzerinde geç belirtiler vermesinin sonucu olabilir. Fişekçi ve diğ. (1999) tarafından Balıkesir kentinde olduğu gibi Denizli'de de bir önceki haftanın SO<sub>2</sub> ve PM ortalaması ile KOAH'a bağlı acil hastane başvuruları arasında korelasyon tespit edilmiştir.



Balıkesir’de hava kirliliğinin artmasında sadece klasik olarak sanayileşmedeki artış değil kentleşmedeki artış da etkili olmuş olmalıdır. Şöyle ki, Türkeş’e (1996) göre depresyon ve vadi yamaçlarına yüksek yapıların ve özellikle blok yapıların yapılması hem yerel rüzgârların oluşumunu engellemekte hem de gradyan rüzgârlarının etkisini azaltmaktadır. Bu da yazara göre hava kirliliğini arttıran önemli bir nedendir. Bu kapsamda temelin jeolojik olarak sağlam olması nedeniyle Adnan Menderes mahallesine yüksek blok halinde binaların yapılması da Balıkesir kentinde hava kirliliğini arttıran nedenlerden biri olarak görülebilir. Kentleşme topografyanın etkisini arttırması bakımından önemlidir. Zaten Balıkesir kenti çanak şeklinde olan topografyası nedeniyle sıcaklık terselmesi (inversion) şartlarının ortaya çıktığı bir alandır (Koç, 1998). Yüksek sahadan ovaya doğru olan katabatik rüzgârlar sıcaklık terselmesi oluşumunu kolaylaştırmakta bu da hava kirliliğinin artmasına neden olmaktadır (Koç 1998; Korkut, 1980; Türkeş 1996). Ova tabanında bir taraftan sıcaklık terselmesi diğer taraftan kentin gelişimi nedeniyle fazla fosil yakıt tüketimi kirlilik konsantrasyonunu arttırmaktadır. Diğer yandan kuzeydoğu yönlü rüzgârların hâkim olması ve bu yönde sanayinin yer alması da kirliliği arttıran bir diğer nedendir.

Bu çalışmada Balıkesir’de hava kirliliği üzerinde etkili olan topografya dışındaki, sıcaklık ve nemlilik gibi farklı meteorolojik faktörler (Gönençgil ve Sungur, 1997) ile hava kirliliğini etkileyen diğer doğal çevre faktörleri (Şahin, 1987) analiz edilmemiştir. Bu faktörler de hava kirliliğindeki artışın nedenleri olabilir.

Hava kirliliği ile hasta yatışları arasındaki bu güçlü ilişkinin yatışların kentteki mekânsal dağılımını kontrol edip etmediği, mekânsal dağılım ile ortaya konmaya çalışılmıştır. SYHHY’ın mahallelere dağılımında pozitif asimetri olduğu tespit edilmiştir. Çoğu mahallenin yatış oranı genel ortalamanın altında olmuştur. Kısaca mahalleler arasında SYHHY’ın farklılıklar gösterdiği belirlenmiştir. Şöyle ki 2000-2005 döneminde, genel olarak, coğrafi dağılımda yüksek yatış oranlarına sahip mahalleler, vadiler boyunca yer alan mahallelerdir. Bu coğrafi dağılımda risk alanı oluşturacak kümelenmelerin olup olmadığı, mekânsal oto-korelasyon analizleriyle ortaya konulmuştur.

Mekânsal oto-korelasyon analizleri 2000-2005 döneminde Balıkesir kentinde SYHHY’ın deseninin istatistikî olarak anlamlı olmadığını göstermiştir (güven düzeyi: 0.05; z: 1.96). Mahalleler arasında SYHHY’ın gelişi güzel dağılmış, ne tam kümelenme ne de tam saçılma göstermiştir. Bununla birlikte, genel olarak, 2005 yılı hariç kısmi kümelenme (pozitif mekânsal oto-korelasyon) tespit edilmiştir. Mekânsal kümelenmede de yüksek SYHHY oranına sahip mahallelerin düşük olanlarla komşu olduğu tespit edilmiştir. Genelde 2000–2005 döneminde SYHHY’ın deseni, düşük değerlerden olan kümelenmeden ziyade orta ve yüksek değerlerden olan kümelenmeye doğru olmuştur. Fakat bu da istatistikî olarak anlamlı (z: 1.96) değildir.

Genellikle yüksek değerlerden oluşan kümelenme Koca Dere vadisindeki mahallerde (Mizrabey, Hacı İsmail vb.) gözlenmiştir. Bu özelliklerinden dolayı kentin bu kesimi SYHHY açısından sıcak nokta olarak tanımlanabilir. Diğer bir deyişle solunum yolu hastalıkları açısından risk alanı olarak, Mizrabey ve Hacı İsmail mahallelerini çevreleyen alan belirlenebilir. Gümüşçeşme Mahallesi kentin en alçak kesiminde kurulmuş bir mahalledir. Bu kesimde de kümelenme gözlenmiştir. Ancak bu mahalle, yatış oranının düşük olduğu mahallerle çevrelenmiştir. Bu nedenden dolayı şehrin bu kısmı dağınık desendedir.

Hem coğrafi dağılımda hem de mekânsal kümelenmede özellikle kent içinden geçen Koca Dere ve kollarına ait vadilerdeki mahallelerin daha yüksek hasta yatış değerlerine sahip olması, hava kirliliğinin kentteki dağılımının bir sonucu olmalıdır. Ancak yetersiz sayıda istasyonla düzensiz alınan hava kirliliği ölçümleri, PM ve SO<sub>2</sub>’nin kentteki dağılımını vermede yetersiz kalmıştır. Bununla birlikte, kirliliğin kent içindeki dağılımı hakkında bilgi verebilmek amacıyla, çok istasyonlu ölçüm yapılan 2004 ve 2005 yıllarının şubat ayına ait kirlilik verilerinden Çizelge 9 hazırlanmıştır. Bu iki yılda SO<sub>2</sub>’nin 2. Gündoğan ve 2. Sakarya mahallerinde; PM’in Plevne ve 2. Sakarya mahallerinde kentin diğer kesimlerine göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bu, genel bir kanı olan kentin merkezinde hava kirliliğinin en fazla olduğu düşüncesine terstir ve solunum yolu hastalıklarından yatanların neden bu kesimlerde kümelenmiş olduğunu açıklamaktadır. Hava kirliliğinin kentin bu kesimlerinde

artmasının nedeni, yükseltinin azalmasının terselme şartlarını artırması olmalıdır. Kısaca kentteki topografik farklılıklar, hava kirliliğinde mekânsal farklılıklara neden olan mikro iklimlere; bu da solunum yolu hastalıklarından hastaneye yatanların mekânda eşit dağılmamasına neden olmuştur.

**Çizelge 9.** 2004 ve 2005 yıllarının şubat ayında aylık ortalama SO<sub>2</sub> ve PM ölçüm sonuçları.

İstasyon adı	Kurulduğu mahalleler	2004		2005	
		SO <sub>2</sub>	PM	SO <sub>2</sub>	PM
6 no sağlık ocağı	2. Gündoğan	87	89	51	29
9 no sağlık ocağı	Plevne	50	136	16	69
Mustafa Kemal Atatürk ilk öğretim	2. Sakarya	132	144	45	65
Verem savaşı	Eski Kuyumcular (kent merkezi)	66	106	43	11

Yukarıda sayılan sonuçlar Balıkesir kent merkezinde hava kalitesinin SYHHY'ın hem alansal hem de zamansal dağılışı üzerinde etkili olduğunu ortaya koymuştur. Balıkesir kentinin yaşanabilirliğini artırmak için şehircilik ile ilgili atılan her adımda 'hava kirliliğini' önleme dikkate alınmalıdır. Kentin en dikkati çeken özelliği verimli topraklar üzerinde kurulmasına rağmen yeşil dokudan yoksunluğudur. Bazı çalışmalara göre kentteki yeşil alanlar hava kalitesini iyileştirmekte (Akbari ve diğ., 2001); trafiğe açık alanlarda motorlu araçlardan kaynaklanan kirliliğe karşı olumlu etki sağlamaktadır (Matzka ve Maher, 1999). Bu kapsamda yapılan kentsel ağaçlandırmada kentteki kirliliğe karşı dayanıklı ve kirlilikle mücadelede önemli türler seçilmelidir (Beckett ve diğ., 2000). Ancak Balıkesir kentinde 2005-2006 yıllarında hız kazanan ağaçlandırma çalışmalarında bitkilerin seçiminde buna ne kadar dikkat edildiği tartışılır. Daha çok kentin peyzajının ve estetikliğinin dikkate alındığı düşünülmektedir. Diğer yandan doğal gaza geçiş gelecek dönemde olumlu etkiler göstereceği kesin gözükmele birlikte, 2006 yılı şubat ayında SO<sub>2</sub> oranının bir önceki yılın şubat ayına göre %138 arttığı rapor edilmiştir (Anonim, 2006b). Bu durum yüksek basınç koşullarından ortaya çıkmış olabilir, ancak yakıt denetimlerinde boşluğun olduğunu göstermektedir. 2006'daki bu artış üzerinde Türkiye'nin içinde bulunduğu ekonomik bunalımın ucuz ve kalitesiz yakıtı ilgiyi artırmış olması da etkili olabilir. Balıkesir kentinin bazı kesimlerinde doğal gaza geçilmiş olmasına rağmen halk, doğal gazı pahalı bulması nedeniyle kullanmak istememektedir. Bu nedenle belediye yaptırım gücü daha yüksek ve özendirici kararlar alarak doğal gaz kullanımını yaygınlaştırmalıdır. Solunum yolu hastalıklarından yatanlardaki artış kentin yaşanabilirliğinin risk altında olduğunu göstermektedir. Özellikle de kentin yükseltisinin az olduğu kesimlerde bu risk daha fazladır.

Coğrafya, epidemiyoloji ve toplum sağlığı ile ilgili çalışmalar insanların yaşadıkları yerin sağlıklarını etkilediğini ortaya koymaktadır (Tunstall ve diğ., 2004). Yapılan bu çalışma da solunum yolu hastalıkları açısından Balıkesir kentinde yaşayan insanların kent içinde yaşadıkları yerin sağlıkları üzerinde kontrol edici olduğunu göstermektedir.

Bu çalışma, CBS ve CBS tabanlı mekânsal istatistik tekniklerin yüksek epidemik alanların tespitinde ve ölçülmesinde bir fırsat sağlayabileceğini; artan hastalık riski için sorumlu çevresel faktörlerin izlenmesinde faydalı olabileceğini kanıtlamaktadır. Bu da hastanelerin gerçek zamanlı haritalar yapmak ve hastaların yoğunlaştığı alanları tespit etmekte, CBS kullanmalarının faydalı olacağını göstermektedir. Sonuç olarak bu çalışma, CBS tabanlı mekânsal analizlerin kullanımının sosyal bilimler için mekânsal ilişkilendirmedeki önemini ortaya koymaktadır.

## Referanslar

- Anonim (1986) *Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliği*. Resmi Gazete, 02.11.1986 Sayı: 19269.
- Anonim (2006a) *Balıkesir Belediyesi Stratejik Planı Performans Programı*, 2006 – 2010. www.sp.gov.tr.
- Anonim (2006b) *TÜİK Türkiye İstatistik Kurumu Haber Bülteni*, 28 Nisan 2006, Sayı:73.
- Akbari, H., Pomerantz, M. ve Taha, H. (2001). "Cool surfaces and shade trees to reduce energy use and improve air quality in urban areas", *Solar Energy* 70(3), 295-310.
- Anselin, L. (1995) "Local indicators of spatial association – LISA", *Geographical Analysis*, 27, 93-115.
- Bayram, H. (2005) "Türkiye'de hava kirliliği sorunu: nedenleri, alınan önlemler ve mevcut durum", *Toraks Dergisi*, 6 (2), 159-165.

- Bebek, Ö. (1996) *Hava Kirliliğinin Solunum Semptomları Nedeniyle Hastane Yatışlarına Etkisi*, Uzmanlık tezi. İstanbul.
- Beckett, K.P., Freer-Smith, P.H. ve Taylor, G. (2000) "Particulate pollution capture by urban trees: effect of species and windspeed", *Global Change Biology*, 6 (8), 995-1003.
- Berktaş, B. ve 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, 231- 238.
- Bithell, J.F. (1990) "An application of density estimation to geographical epidemiology", *Statistics in Medicine*, 9, 691-701.
- Bozkurt, A.İ., Bozkurt, N. ve Filiz, A. (1998) "Hava kirliliğinin orta derecede astımı olan hastalarda hayat kalitesine etkisi", *Toraks Derneği II. Yıllık Kongresi*, 47.
- Cliff, A.D. ve Ord, K.J. (1971) "Evaluating the percentage points of a spatial autocorrection coefficient", *Geographical Analysis*, 3, 51-62.
- Colome, S.D., Kado, N.Y., Jaques, P. ve Kleinman, M. (1992) "Indoor-outdoor air pollution relations: particulate matter less than 10m in aerodynamic diameter (PM10) in homes of asthmatics", *Atmospheric Environment*, 26, 2173-2178.
- Çelikoğlu, M. (1999) *Kocaeli İli'nde Hava Kirliliği ve Meteorolojik Faktörlerin Astma Bronşiale Üzerindeki Etkileri*, Uzmanlık Tezi. Kocaeli.
- Dockery, D.W., Schwartz, J. ve Spengler, J.D. (1992) "Air pollution and daily mortality: associations with particulates and acid aerosols", *Environmental Research*, 59, 362-373.
- English, D. (1992) "Geographical epidemiology and ecological studies", In: Elliot P, Cuzick J, English D & Stern R (eds) *Geographical and Environmental Epidemiology: Methods for Small-Area Studies*. Oxford University Press, New York, 3-13.
- Fişekçi, F.E., Özkurt S. ve Başer S, (1999) "Effect of air pollution on COPD exacerbations". *European Respiratory Journal*, 14, 393.
- Gareth, S. ve Wheeler, D. (1998) *Statistical Methods in Geographical Analysis*, David Fulton Publishers Ltd, London.
- Gatrell, A. ve Loytonen, M, (1998) *GIS and Health*. Taylor and Francis, London.
- Gönençgil, B. ve Sungur, K.A. (1997) "Çeşitli iklim elemanlarının hava kirliliği üzerine etkileri", *A.Ü. Türkiye Coğrafya Araştırma ve Uygulama Merkezi Dergisi*, 6.
- Hale, M., Hawkins, R. ve Partridge, M. (2004) "List of publications on the economic and social history of Great Britain and Ireland published in 2003", *The Economic History Review*, 57 (4), 727-771.
- Hasabelnaby, N.A., Ware, J.H. ve Fuller, W.A. (1989) "Indoor air pollution and pulmonary performance: investigating errors in exposure assessment". *Statistics in Medicine*, 8, 1109-1126.
- Holland, W.W., Bennett, A.E., Cameron I.R., Florey, C. DuV, Leeder, S.R., Schilling, R.S.F, Swan, A.V. ve Waller, R.E (1979) "Health effects of particulate pollution: reappraising the evidence", *American Journal of Epidemiology*, 110. 525-659.
- Jacquez, G.M. (2000) "Spatial analysis in epidemiology: Nascent science or a failure of GIS?", *Journal of Geographical Systems*, 2(1), 91-97.
- Janssen, N.A.H., Hoek, G., Harssema, H. ve Brunekreef, B. (1995) "A relation between personal and ambient PM10", *Epidemiology*, 6, 45.
- Keleş, N. ve Ilicali C. (1998) "The impact of outdoor pollution on upper respiratory diseases", *Rhinology*, 36, 24-7.
- Koç, T. (1998) "Air quality and its health consequences in central Balıkesir town", *Aerosols*, 11, 130-132.
- Koç, T. ve Tağıl, Ş. (2000) "Edirne kent merkezinde hava kirliliği", *Türk Coğrafya Kurumu 28. Coğrafya Meslek Haftası*, 10-11-12 Haziran 1998, 115-132, Edirne.
- Koç, T. (2001) *Kuzeybatı Anadolu'da İklim ve Ortam Sinoptik, İstatistik ve Uygulama Boyutları*, Çantay Kitapevi, İstanbul.
- Koçman, A. (1993) *Türkiye İklimi*, Ege Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Yayın No:72, İzmir.
- Korkut, A.S. (1980) "Isı terselmesinin (inversiyon) hava kirliliği üzerindeki rolü ve negatif etkisinin azaltılabilmesi için alınacak önlemler", *İ.Ü. Coğrafya Enstitüsü Dergisi*, 23, 171-180
- Lee, J. ve Wong, D. (2000) *Statistical Analysis with ArcView GIS*, John Wiley & Sons, New York.
- Mayer, H. (1999) "Air pollution in cities", *Atmospheric Environment*, 33, 3029-4037.
- Matzka, J. ve Maher, BA. (1999). "Magnetic biomonitoring of roadside tree leaves: idendification of spatial and temporal variations in vehicle-derived particulates", *Atmospheric Environment*, 33 (28), 4565-4569.
- Müezzinoğlu, A. (1987) *Hava Kirliliğinin ve Kontrolünün Esasları*, Dokuz Eylül Üniversitesi Yayınları, Yayın No: 0908.87.DK.006.042, İzmir.
- New, M. (2003) *Geographical Techniques Online*, <http://techniques.geog.ox.ac.uk>, School of Geography, The Oxford University.
- Ord, J.K. ve Getis, A. (1995) "Local spatial autocorrelation statistics: Distributional issues and an application", *Geographical Analysis*, 27, 286-306.
- Sadahiro, Y. (1999) "Accuracy of areal interpolation: A comparison of alternative methods", *Journal of Geographical Systems*, 1, 323-346.
- Snow, J. (1855) *On The Mode of Communication of Cholera*. 2nd ed. Churchill, London.
- Şahin, C. (1987) "Hava kirliliği ve kava kirliliğini etkileyen doğal çevre faktörleri", *Atatürk Kültür Dil ve Tarih Yüksek Kurumu Coğrafya Araştırmaları Dergisi*, 1 (1), 25-47.
- Tağıl, Ş. (2004) Balıkesir Ovası ve Yakın Çevresinin Fiziki Coğrafyası, Anıl Matbaa ve Ciltevi, Ankara.
- Tiwari, N., Adhikari, C.M.S. ve Tewari, A. (2006) "Investigation of geo-spatial hotspots for the occurrence of tuberculosis in Almora district, India, using GIS and spatial scan statistic", *International Journal of Health Geographics* 5, 33-43.

- Tobler, W.R.A. (1970) "Computer Model Simulating Urban Growth in the Detroit Region", *Economic Geography*, 46, 234-240.
- Tunstall, H.V.Z., Shaw, M. ve Dorling, D. (2004) "Places and health", *Journal of Epidemiology Community Health*, 58, 6-10
- Türkeş, M. (1996) "Kent ve bölge planlamada topoğrafyaya bağlı yerel rüzgârlar", *Ankara Üniversitesi, Türkiye Coğrafyası Araştırma ve Uygulama Merkezi Dergisi*, 5, 213-227.
- Ünsal, A., Metintaş, M., Öner, S., Öner, S. ve İnan, O.Ç. (1999) "Eskişehir'de hava kirliliği ve bazı hastalıklar nedeniyle acil başvuruların incelenmesi", *Tüberküloz ve Toraks Dergisi*, 47, 449-455.