

YALOVA KENT MERKEZİNDE BTEX KONSANTRASYONLARININ PASİF ÖRNEKLEME YÖNTEMİYLE BELİRLENMESİ VE KİRLİLİK HARİTALARININ ÇIKARILMASI

Lokman Hakan TECER^{1(*)}, Şermin TAĞIL², Merve FIÇICI¹

¹NKÜ Çorlu Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü, Tekirdağ,

²Balıkesir Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Coğrafya Bölümü, Balıkesir,

ÖZET

Hızlı nüfus artışı, sanayileşme ve kentleşmenin sosyal yaşama faydalarına karşın son yıllarda, hava kirletici kaynaklarda yarattığı artış insan sağlığını etkileyecek düzeye ulaşmıştır. Bu hava kirleticilerin çevreye ve insan sağlığına etkilerini belirleyebilmek için kirletici konsantrasyonları ve kaynaklarını ortaya koymak gerekmektedir. Her bir kirletici kaynağın kirlilik katkı payının belirlenmesi ayrıntılı çalışmaları zorunlu kılmaktadır.

Bu çalışmada, nüfusu ve endüstrisi hızla gelişmekte olan Yalova kentinde hava kalitesi uçucu organik bileşikler temelinde belirlenmiş, atmosferik kirliliğin zamansal ve mekânsal değişkenliği ortaya konmuştur. Kirletici konsantrasyon düzeyleri pasif örnekleme yöntemi ile toplanan örneklerin analiz edilmesiyle belirlenmiştir. 3 aylık yaz dönemini kapsayan bir ölçüm periyodu boyunca kirleticilerin konsantrasyonları tespit edilerek kaynak katkıları ortaya çıkarılmıştır.

Pasif örnekleme metodu bölgesel kirlilik haritalarının çıkarılmasına ve aynı zamanda bölgesel kirlilik risklerinin belirlenmesine olanak sağlayan bir metottur. Bu amaçla Yalova ilinin değişik noktalarına; kent merkezini, endüstri ve kırsal kesimleri temsil edebilecek nitelikte ve sayıda pasif örnekleme yapılmıştır. Pasif örnekleme yöntemiyle toplanan organik kirleticilerin analizlerinden ulaşılan sonuçlar mekânsal kirlilik haritalarına dönüştürülmüştür. Tüm bu haritalamalar ArcGIS yazılımı kullanılarak yapılmıştır.

Yalova ilini temsil eden noktalardan alınan örneklerin incelenmesi sonucunda, bölge kent merkezinde trafik kaynaklı kirliliğin daha yoğun, merkez dışında ise bu kirliliğin daha az yoğunlukta olduğu tespit edilmiştir. 40 istasyondan alınan ölçümler sonucunda ortalama BTEX konsantrasyonları sırasıyla 1,43, 5,73, 1,14 ve 1,73 mg/m³ olarak ölçülmüştür.

ANAHTAR SÖZCÜKLER

Pasif örnekleme, BTEX, Yalova

1. GİRİŞ

Kentsel hava kirliliği; plansız sanayileşme, artan nüfus ve ulaşım ihtiyacı ile birlikte her geçen gün artmaktadır. Ancak kentlerin hem fazla nüfusu barındırdığı hem de göçlerle nüfusunun

* lhatecer@nku.edu.tr

6. Ulusal Hava Kirliliği ve Kontrolü Sempozyumu-2015 7-9 Ekim 2015, İZMİR

arttığı dikkate alınır, gün geçtikçe daha fazla birey hava kirliliğinden etkilenmektedir. Bu durumun insan sağlığı ve çevre üzerine olumsuz etkilere sebep olduğu bilinmektedir.

Atmosferik hava kalitesini olumsuz etkileyen önemli kirleticilerden biri de uçucu organik bileşiklerdir (VOC). Uçucu organik bileşikler, özellikle motorlu taşıt egzozlarından, endüstriyel aktivitelerden, solvent kullanımından, tarım ve atık depo sahaları gibi insan aktiviteleri sonucu atmosfere salınırlar (Parra vd., 2006). Atmosfer kimyasında insan faaliyetleri sonucu üretilen VOC, insanlar üzerinde kanserojen etkilere neden olmaktadır. İnsan sağlığına olumsuz etkilerinin yanında, troposferde O₃ ve PAN gibi oksidantların oluşumuna katkı sağlamaları nedeniyle VOC'ler son yıllarda üzerinde çalışılan önemli bir konu haline gelmiştir.

Kentsel alanlarda bir grup aromatik uçucu organik bileşikler; benzen, toluen, etilbenzen ve ksilen şeklinde bulunur ve BTEX olarak adlandırılır. BTEX'ler metan dışındaki VOC'lerin %60'ını oluşturmaktadır (Lee ve ark., 2002). BTEX; hidroksil radikalleri ve/veya nitrat (NO₃) kökleri ile reaksiyona girerek atmosferde aromatik VOC'leri baskın hale getirebilmektedir (Brocco vd., 1997). Elde edilen ürünler çekirdeklenme ve yoğunlaşma ile ikincil organik aerosol oluşumuna katkıda bulunmaktadır (Hoque vd., 2008). OH radikalleri NO_x varlığında bu bileşiklerle reaksiyona girerek bir ozon tabakası meydana getirmektedir. Böylece atmosferde oksitleyici kapasitesi değişmektedir (Hoque vd., 2008). BTEX kentsel ortamlarda yaygın kaynakları ve insan sağlığına etkileri nedeniyle araştırılan önemli bir kirletici olarak karşımıza çıkmaktadır (WHO, 2000).

Hava kalitesi izleme çalışmalarında metodoloji seçimi büyük ölçüde kirletici kaynaklara, meteorolojik verilere ve insanların maruz kalma sürelerine bağlıdır (Noll vd., 1977). Hava kirleticilerin azaltılması ve kontrol stratejisi geliştirmek için bu kirletici seviyelerinin mekânsal dağılımına ilişkin veriler gereklidir. Çevre araştırmacıları, politika yapıcılar ve epidemiyologlar hava kirliliği deseninin belirlenmesi, trend analizi ve maruziyet değerlendirmesinde hava kalitesi haritalarına ihtiyaç duymaktadır.

Hava kirletici izleme ağları, buldukları ortamdaki hava kirletici konsantrasyonları hakkında bilgi sağlamakla birlikte, monitörlerin olmadığı yerlerde hava kalitesinin ortaya konulmasında mekânsal boşlukların bulunması nedeniyle yetersiz kalmaktadırlar. Maliyet nedeniyle her bir noktaya istasyon kurulması ise olasılık dışıdır. Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) temelli mekansal tahmin yöntemleri, bu mekansal boşlukların doldurulmasında önemli araçlar olarak karşımıza çıkmaktadır. Kirletici konsantrasyonlarının mekansal tahminleri; fiziksel, kimyasal ve ilgili emisyon verilerinin istatistiksel ilişkilerin uygulanması suretiyle elde edilmektedir. Elde edilen uzamsal tahminler, genellikle sürekli bir yüzey, ya da bir harita olarak sunulmaktadır. CBS teknolojisi, kötü hava kalitesi ile insan ve çevre sağlığı arasındaki ilişkinin gösterilmesinde de istatistiki ve mekansal verinin yönetilmesine olanak sağlamaktadır. Böylelikle, CBS yöntemi, kirletici emisyonların izlenmesini kolaylaştırmaktadır.

Türkiye'de sanayinin hızla büyümesi, köyden kente olan göçün artırması ve kentlerde hızlı nüfus artışı bazı kent merkezlerinde hava kalitesi olgusunu daha belirgin hale gelmiştir. Bu çalışmaya konu olan Yalova da bu merkezlerden biri konumundadır. Çalışmanın amacı, nüfusu ve endüstrisi hızla gelişmekte olan Yalova kentinde hava kalitesi uçucu organik bileşikler temelinde belirlemek; atmosferik kirliliğin zamansal ve mekânsal değişkenliğini

ortaya koymaktır. Böylece kentteki karar vericilerin planlama süreçlerinde alacakları kararlara mekansal veri üretilmiş olacaktır.

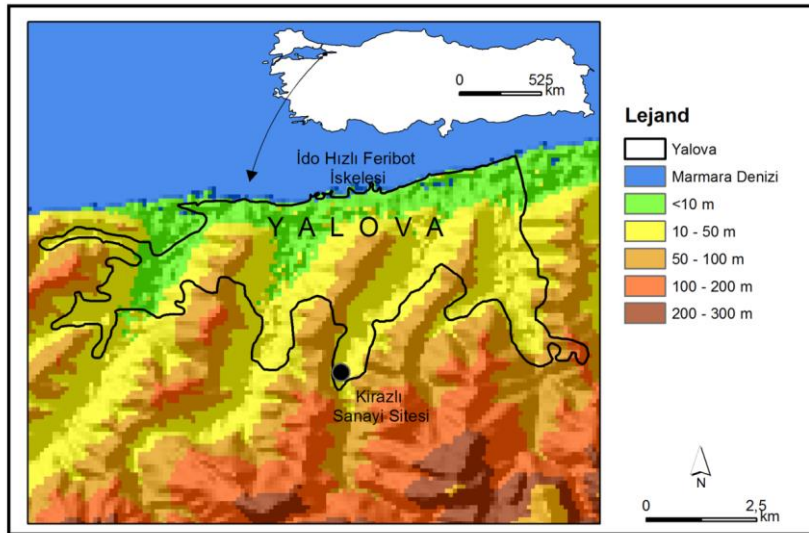
2. YÖNTEM

2.1. Çalışma alanı

Yalova ili 29°12' 40" ve 29°18'50" doğu boylamları ile 40°37'13" ve 40°39'55" kuzey enlemleri arasında Türkiye'nin kuzeybatısında, Marmara Bölgesinin güneydoğu kesiminde yer almaktadır (Şekil 1). Yalova kenti, Marmara denizinin güneyinde, 0-100 metre arasındadır. Kent denize dik uzanan alçak tepelik araziye kurulmuş; tepelerden ziyade vadi içlerine doğru gelişen yapısıyla dikkati çekmektedir. Yükselti farkı yaklaşık 100 metre olmakla birlikte; yükseltinin ani değişimi, eğim değişimine de neden olmaktadır.

Yalova'nın Akdeniz-Karadeniz arasında geçiş karakterinde olan Marmara iklimi etkisi altındadır (Koçman 1991). Yazlar sıcak ve kuru, kışlar ise soğuk ve yağışlıdır. Kentin yıllık ortalama sıcaklığı, 14.6°C'dir. Kar yağışlı gün ortalama yaklaşık 11 gün olup, karla örtülü gün sayısı ortalama 5 gündür.

Yalova Merkez ilçede 1 adet Organize Sanayi Bölgesi (OSB) yer almaktadır. Yalova Ege ve Batı Marmara arasındaki ulaşım güzergahında bulunmaktadır. Diğer yandan İstanbul denizyolu ulaşım hattında yer alması, Yalova'nın değerini artırmıştır. Yalova merkez nüfusu 121.479 kişi olup bunun 102.874'ü merkezdedir. Kent doğu ve batısındaki, Atatürk Bahçe Kültürleri Araştırma Enstitüsü ve Yalova Garden A.Ş. nedeniyle, kent güneye vadi içlerine doğru büyümektedir.

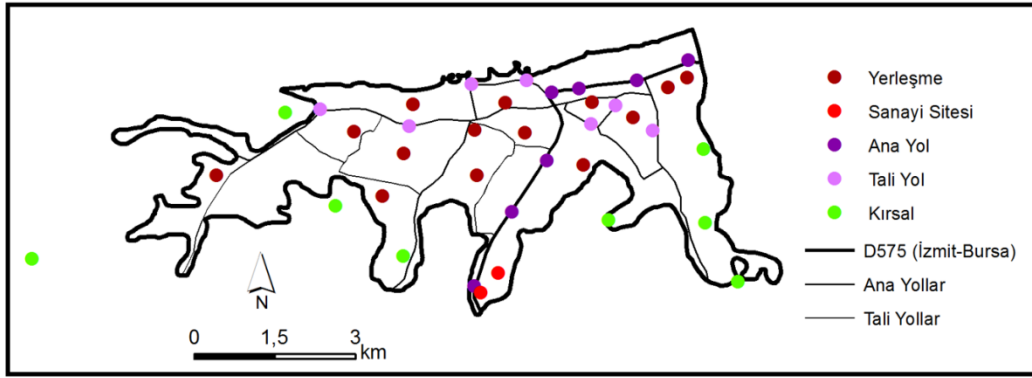


Şekil 1. Yalova kent merkezinin konum haritası

2.2. Örneklemeye metodu ve veri temini

Yalova'da BTEX ölçümleri 07.08.2015 – 26.08.2015 tarihleri arasında pasif örnekleme yöntemi ile yapılmıştır. Bu amaçla, uçucu organik bileşiklerin pasif örnekleme için paslanmaz çelikten yapılmış 5.8 mm çapındaki silindirik tüpler (radiello) kullanılmıştır. Örnekleyici tüpler uygun bir adsorbent ile (530 ± 30 mg aktif karbon) doldurulmuştur. Pasif

örnekleyici tüpleri belirlenen noktalara ağızları kapalı bir şekilde cam şişelerde getirilmiş ve bu noktalarda 2–3.5 m yükseklikteki ağaç, elektrik direği gibi yerlere monte edilmiştir. Tüm pasif örnekleme aparatları örnekleme noktalarına yağmurdan korunaklı bir konumda yerleştirilmiştir. Pasif örnekleme yönteminde örnek belli bir alanı temsil eder nitelikte olduğu için bu tür çalışmalarda izleme istasyonlarında yer seçimi önemlidir. Seçilen nokta hem sanayi, kırsal, yerleşim ve trafiği temsil edici nitelikte olmalı hem de örnekleme etrafında hava akışı engelleyecek bir engel (ağaç, bina vb.) olmamalıdır. Ayrıca rüzgar hızı ve yönü de göz önüne alınmalıdır. Çalışma kapsamında bu durumlar göz önüne alınarak Yalova ili kent merkezi ve kırsalında 40 nokta belirlenerek örnekleme tüpleri yerleştirilmiştir (Şekil 2).



Şekil 2. Pasif Örnekleme İstasyonları

Pasif örnekleme tüpleri 19 günlük örnekleme sonrasında örnekleme noktalarından ağızları kapalı bir şekilde alınıp analize gönderilmiştir. Pasif örnekleme tüplerinde adsorpsiyon yöntemiyle toplanan uçucu organik bileşikler karbon bisülfid ile ayrıldıktan sonra FID Gaz Kromatografi (GK) cihazında analiz edilmiştir.

2.3. Enterpolasyon ve mekansal otokorelasyon

Pasif örneklemlerin enterpolasyonunda birçok yöntem kullanılmakla birlikte, bu çalışmada ‘ters ağırlıklı ortalama (Inverse Distance Weighted-IDW)’ algoritması kullanılmıştır. Bu yöntemde, kestirim noktasındaki yüzey değeri, dayanak noktalarındaki yüzey değerlerinin ağırlıklandırılmış ortalamasının alınmasıyla hesaplanmakta, kestirim noktalarına yakın olan dayanak noktalarının etkisi uzak noktaların etkisine göre daha fazla olmaktadır.

Kirleticilerin mekansal deseni, çalışma alanındaki kirletici kaynak, topografya ve insan faaliyetlerini kapsayan süreçlerin etkisini ortaya koymak bakımından önemlidir. Bu çalışmada kirleticilerin hangi bölgelerde nasıl dağıldığı mekansal oto-korelasyon (Spatial Autocorrelation) yöntemleri ile ortaya konmuştur (Lee ve Wong, 2000). Kirleticilerin dağılım paterninin ortaya konmasında mekansal oto-korelasyon yöntemlerinden Moran I, Global G İstatistiği, Lokal Moran I, Lokal G İstatistiği ve Moran Saçılım Grafiği kullanılmıştır (Lee ve Wong, 2000). Moran I (I), -1 (negatif mekansal oto-korelasyon) ile +1 (pozitif mekansal 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. Global G İstatistiği (G) sıcak alanları (hot spot) ve soğuk alanları (cold spot) ortaya koymaktadır (Ord ve Getis, 1995). Burada sıcak alanlar pozitif değerlerden oluşan kümelenmeyi; soğuk alanlar ise negatif değerlerden oluşan kümelenmeyi vermektedir. Yüksek pozitif z değerleri, mekansal desenin yüksek değerde kümelerden oluştuğunu, tam

tersi durum ise düşük değerlerde kümelerden oluştuğunu göstermektedir. Her bir pasif örnekleme istasyonunun olduğu noktanın çevre istasyonlardan farklı olup olmadığı ve bu farklılığın anlamlı olup olmadığı Lokal G-İstatistiği (Gi) kullanılarak haritalanmıştır (Lee ve Wong, 2000; Ord ve Getis 1995). Gi, harita üzerinde düşük ya da yüksek konsantrasyonlarda bir kümelenme olup olmadığını göstergesidir. Yüksek değerdeki Gi ortalamadan yüksek kirlenmeye sahip komşu istasyonların; düşük değerdeki Gi ortalamadan düşük konsantrasyona sahip olan komşu istasyonların kanıtıdır. Mekânsal kümelenmenin haritalanmasında z değerleri kullanılmıştır.

3. BULGULAR VE SONUÇLAR:

3.1. BTEX konsantrasyonları

Yalova kenti genelinde toplam 40 noktada yapılan pasif örnekleme sonucunda ölçülen BTEX konsantrasyonlarına ilişkin tanımlayıcı istatistikler Tablo 1’de verilmiştir. Tabloda, trafik yoğun bölgeler, kent merkezi, sanayi ile yakın çevresi ve kırsal kesim olmak üzere farklı kirlenmeye sahip bölgeler ayrı ayrı değerlendirilmiştir.

19 gün boyunca örneklenen benzen konsantrasyonları D575 İzmit-Bursa karayolu boyunca en yüksek değerlerde bulunurken, bunu sanayi sitesi, kent merkezi ve yan yolların bulunduğu bölgeler izlemiştir. Yalova kenti **sanayi sitesinde** benzen dışındaki diğer organik kirlenmelerin yüksek konsantrasyonları dikkat çekicidir. Sanayi sitesinde araç tamiratının yapılması, mobilya boyama atölyeleri ve solvent kullanımının yaygın olması bu ölçülen yüksek konsantrasyonların nedeninin olduğu düşünülmektedir. Yaz dönemi ölçüm periyodu boyunca, otoyol, yerleşim bölgeleri, kentsel trafik bölgeleri ve endüstriyel alanlarda, kırsal bölgelerden daha yüksek BTEX konsantrasyonları ölçülmüştür. Bu yüksek seviyelerin; evsel ısınma, kent trafiği ve endüstriyel emisyonlardan etkilendiği sonucuna varılmıştır.

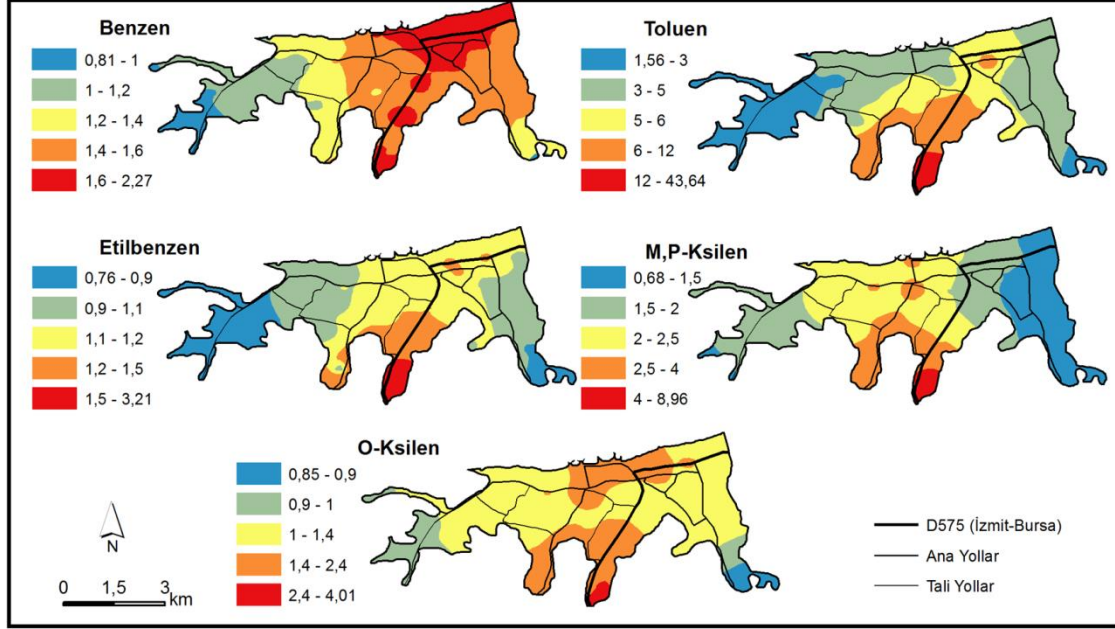
Tablo 1. Çalışma periyodu boyunca kirlenmeye sahip konsantrasyonları (19 gün), ($\mu\text{g m}^{-3}$).

Bölgeler	Benzen	Toluen	Etilbenzen	o - Ksilen	m,p - Ksilen	Σ ksilen	Benzen (saatlik)
Ana Yol	1,98	6,19	1,30	1,51	1,75	3,26	6,73
Yan Yol	1,53	4,36	1,13	1,38	2,15	3,53	5,22
Kent yerleşim	1,33	4,14	1,03	1,23	1,96	3,19	4,53
Sanayi Sitesi	1,88	37,02	2,97	3,38	7,95	11,33	6,38
Kırsal	1,10	2,20	0,82	0,95	1,13	1,75	3,73
Ortalama	1,56	10,78	1,45	1,69	2,99	4,61	5,32

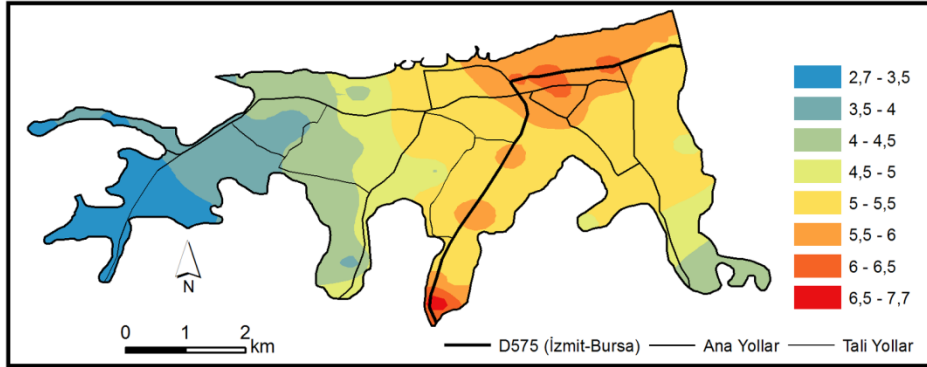
3.2. BTEX konsantrasyonları mekansal dağılımı

Yalova kent merkezinde BTEX ölçüm noktaları arasında sürekli bir yüzey oluşturmak için yapılan enterpolasyon ve kirlenmelerin mekansal dağılımı haritaları Şekil 2’de gösterilmiştir. Görülebileceği gibi özellikle D575 karayolu boyunca benzen konsantrasyonları yüksek bulunmuştur. Kent merkezi ve doğusu $1.4-1.6 \mu\text{g/m}^3$ aralığındaki benzen konsantrasyonlarıyla ikinci kirli bölgeler olmuştur. Kentin doğusunda bulunan yoğun sanayi bölgesinin etkisi olarak düşünülebilecek bir durum ortaya çıkmıştır. Teorik bir yaklaşımla yapılan saatlik benzen konsantrasyonlarının kent merkezinin merkezinden itibaren tüm doğu kesimlerinin $5 \mu\text{g/m}^3$ seviyesini aştığı tespit edilmiştir (Şekil 3). Kentin batısı ve nispeten daha az yoğun trafik ve

yerleşimin bulunduğu bölgeler BTEX konsantrasyonlarının nispeten daha düşük olduğu bölgeler olmuştur.



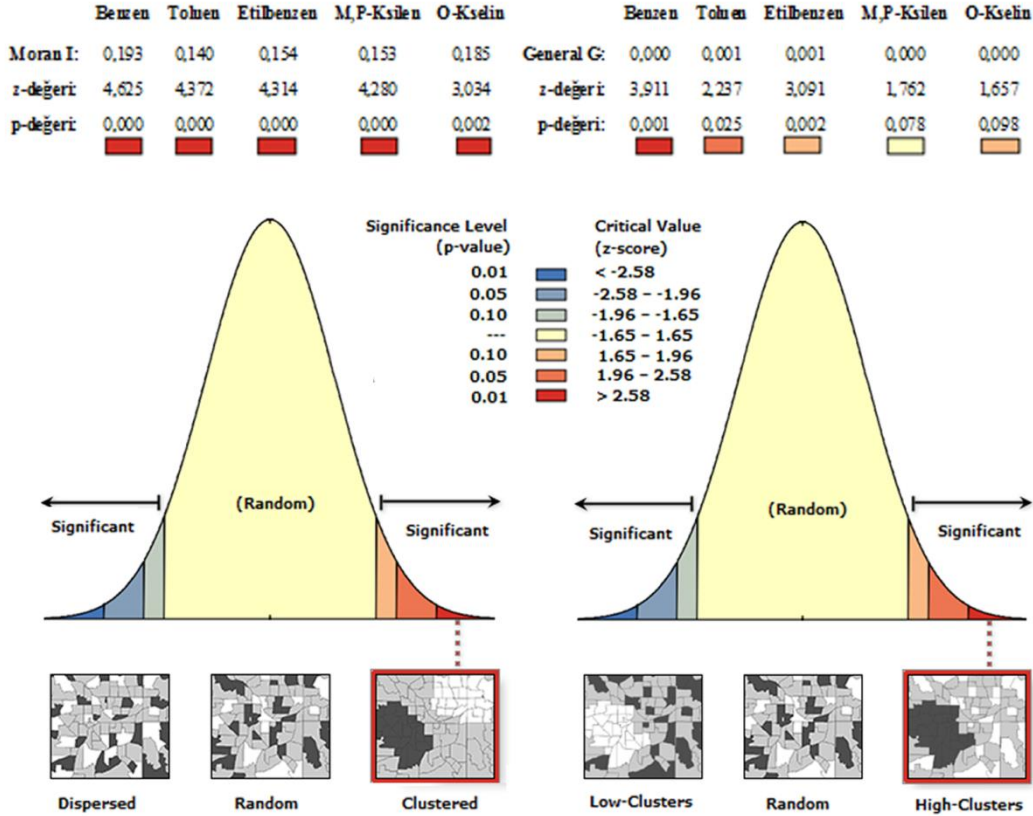
Şekil 2. BTEX konsantrasyonları dağılım haritaları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).



Şekil 3. Saatlik Benzen konsantrasyonları dağılım haritası ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

BTEX konsantrasyonlarının Yalova kent merkezinde kümelenme oluşturup oluşturmadığı jeoististik teknikler kullanılarak ortaya konmaya çalışılmıştır (Şekil 4). Bu kapsamda kirleticilerin alansal desendeki değişimin bilinmesi alansal dağılışı denetleyen etmenlerin ortaya konmasında büyük önem taşımaktadır. Kirleticilerin konsantrasyonunda bu etmenler, doğal ya da antropojenik faktörler tarafından kontrol edilmektedir. Mekânsal deseni ortaya koyabilmek için iki komşu pasif örneklem istasyon çiftinin benzerliği ve benzemezliği dikkate alınmıştır. Mekânsal desenin zaman içindeki değişimi Moran I ve Gi istatistiği ile ortaya konmaya çalışılmıştır (Şekil 4).

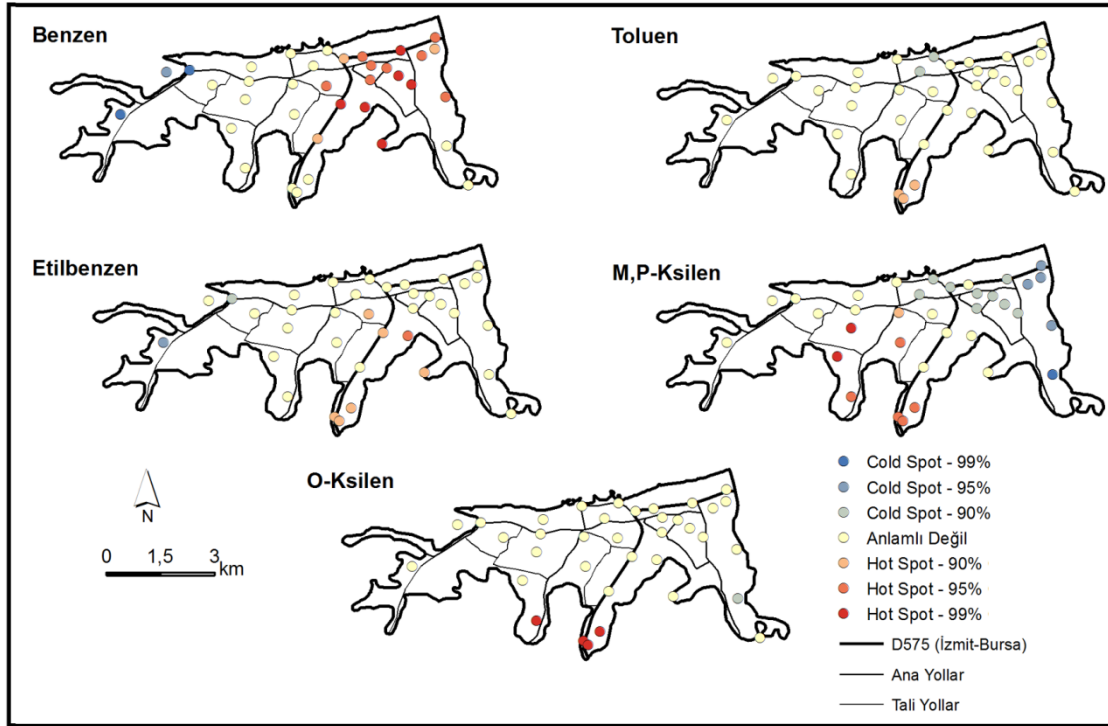
6. Ulusal Hava Kirliliği ve Kontrolü Sempozyumu-2015
7-9 Ekim 2015, İZMİR



Şekil 4. Yalova'da BTEX için mekânsal oto-korelasyon istatistikleri.

Moran I değerlerinin +1 ve -1 aralığında olma durumu dikkate alındığında, Yalova kentinde BTEX dağılımı istatistiki olarak anlamlı bir kümelenme gösterdiği tespit edilmiştir (Şekil 4). G_i mekânsal konsantrasyonu göstermesi bakımından önemlidir. G_i 'nin pozitif olması yüksek kirletici konsantrasyonlarından olan kümelenmeyi, negatif olması düşük konsantrasyonlardan olan kümelenmeyi göstermektedir. Yalova kent merkezi genelinde, G_i hesaplama sonuçlarına göre Yalova'da BTEX konsantrasyonları, m,p-ksilen hariç yüksek-yüksek kümelenme göstermiştir (Şekil 4). Bu da yüksek kirletici değerlerine sahip noktaların birbirine yakın olduğunu ve kümelenmenin istatistiksel olarak anlamlı olduğunu göstermektedir.

Yapılan analizler genel olarak kentte BTEX kümelenmesini vermektedir. İstasyonlar arasında kümelenmenin olup olmadığını gösterebilmek için Lokal G istatistiği (G_i) kullanılarak Şekil 5 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. Şekil 5 BTEX açısından yüksek ve düşük oranlardan oluşan alanların kümelenmesini vermektedir. Diğer bir deyişle, Şekil 4 üzerinde sıcak (hot-riskli) ve soğuk (cold-riskli) alanlar gösterilmiştir. Bu açıdan bakıldığında her bir kirleticide sıcak bölgenin genellikle sanayi ve kent içindeki trafik aksının bulunduğu özellikle kavşak alanlarında olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 5. Yalova kent merkezinde lokal Gi istatistiği haritaları

4. SONUÇ

Bu çalışmada Yalova kent merkezi ve kırsalında BTEX konsantrasyonlarının mekânsal dağılımı ortaya konulmuştur. Pasif örnekleme yöntemiyle belirlenen kirleticilerin kent içindeki dağılışı özellikleri mekânsal analiz metotlarından mekânsal oto-korelasyon indeksleri ve haritaları kullanılarak ortaya konmuştur.

Yalova merkezinden geçen ve oldukça yoğun olan İzmit-Bursa karayolu boyunca tüm BTEX konsantrasyonları yüksek bulunmuştur. Sanayinin bulunduğu, yoğun yerleşimin olduğu kentin doğusunun, kentin batısına nispeten daha kirli olduğu gözlenmiştir. Sanayi sitesinde yüksek toluen, etilbenzen ve ksilen konsantrasyonlarının ölçülmesi dikkat çekicidir.

Kirleticilerin mekansal değişiminde pozitif mekânsal oto-korelasyon tespit edilmiştir. Bu da kent içinde kirleticilerin mekansal kümelenme gösterdiği şeklinde yorumlanabilir. Bu mekansal oto-korelasyonda sanayinin ve özellikle yol kesişim noktalarının etkili olduğu görülmektedir. Diğer bir deyişle, mekansal kümelenmede de yüksek-yüksek kümelenmede sanayi sitesinin olduğu bölge dikkati çekmektedir.

Çalışma sonucunda, kenti ikiye bölen karayolunun, sanayinin ve yoğun yerleşimin kirleticiler açısından “sıcak noktalar” oluşturduğu açık bir şekilde görülmüştür. Özellikle trafik akışının yeniden düzenlenmesi, yoğun yerleşimin kent merkezinden kentin batısına kaydırılması kentte yaşanan hava kirliliğinin azaltılmasında etkili olacağı kanaatine varılmıştır.

KAYNAKLAR

- Brocco D, Fratarcangelli R, Lepore L, Petricca M, Ventrone I. Determination of aromatic hydrocarbons in urban air of Rome. *Atmos Environ* 1997;31:557–66.
- Hoque R.R, Khillare P.S., Agarwal T., Shridhar V., Balachandran S., 2008, Spatial and temporal variation of BTEX in the urban atmosphere of Delhi, India Raza, *Science Of The Total Environment* 392 (2008) 30 – 40.
- Lee, J. ve Wong, D. (2000) *Statistical Analysis with ArcView GIS*, John Wiley & Sons, New York.
- Lee SC, Chiu MY, Ho KF, Zou SC, Wang X. Volatile organic compounds (VOCs) in urban atmosphere of Hong Kong. *Chemosphere* 2002;48:375–82.
- Noll, K.E., Miller, T.L., Narco, J.E., Rauffer, R.K., 1977. An objective air monitoring site selection methodology for large point sources. *Atmos. Environ.* 11, 1051–1059.
- Ord, J.K. ve Getis, A. (1995) “Local spatial autocorrelation statistics: Distributional issues and an application”, *Geographical Analysis*, 27, 286-306.
- Parra M.A., González L., Elustondo D., Garrigó J., Bermejo R., Santamaría J.M.,2006, Spatial and temporal trends of volatile organic compounds (VOC) in a rural area of northern Spain, *Science of the Total Environment* 370 (2006) 157–167
- WHO. Air quality guidelines for Europe. 2nd edition. Copenhagen: WHO Regional Publications; 2000. European Series, No. 91.