

Original Research Article

Çorlu (Tekirdağ) Hava Kirliliğinden Etkileniyor mu?

Lokman Hakan Tecer^{1,*}, Şermin Tağıl², Merve Fıçıcı³

¹ Çevre Mühendisliği Bölümü, Çorlu Mühendislik Fakültesi, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Tekirdağ, Türkiye

² Coğrafya Bölümü, Fen Edebiyat Fakültesi, İzmir Bakırçay Üniversitesi, İzmir, Türkiye

³ Birleşik Çevre ve Enerji Teknolojileri, Tekirdağ, Türkiye

Geliş: 17.09.2018

Kabul: 16.11.2018

Özet: Bu çalışmada, Tekirdağ ilinin nüfus artış hızı en değişken olan ilçelerinden Çorlu'nun inorganik ve organik hava kirliliği haritaları çıkarılmıştır. Çalışmalar Ağustos 2015 ve Şubat 2016 aylarında yaz ve kış dönemlerinde 2 periyotta gerçekleştirilmiştir. Kirleticilere ait konsantrasyonlar pasif örnekleme metodu kullanılarak belirlenmiştir. Kirleticilerin mekânsal modellenmesinde ise Ters Ağırlıklı Ortalama (Inverse Distance Weighted-IDW) yöntemi kullanılmıştır. Ayrıca ilçe yarı kentsel, yerleşim, yol, sanayi bölgeleri olarak kategorize edilmiştir. Böylelikle, kirlenici konsantrasyonlarının kent içi bölgesel farklılıkları belirlenmiştir.

Buna göre; Çorlu ilçesinde yaz aylarında organik kirlenici konsantrasyonlarının kirlilik haritalarında daha yüksek seviyelerde olduğu dikkat çekmiştir. SO₂'nin her iki dönemde de kümelenmeler şeklinde gözlemlendiği NO₂ ve O₃'ün ise dağılım gösterdiği gözlemlenmiştir. O₃'ün yarı kentsel bölgelerde, NO₂'nin ise yol olarak kategorize edilen bölgelerde daha yüksek konsantrasyonlarda olduğu görülmüştür.

Anahtar kelimeler: : Çorlu, Hava kirliliği, CBS, Pasif örnekleme, VOC, SO₂, NO₂, O₃

Is Corlu (Tekirdag, Turkey) Affected By Air Pollution?

Abstract: In this study, inorganic and organic air pollution maps of the districts of Çorlu (Tekirdag), which have the most variable population growth rate, were extracted. The study was carried out in August 2015 and February 2016 for 2 periods in summer and winter periods. Concentrations of pollutants were determined by passive sampling method. In the spatial modeling of pollutants, Inverse Distance Weighted-IDW method was used. Also the district has been categorized as semi-urban, residential, road, industrial zones. Thus, urban regional differences of pollutant concentrations were determined.

According to the pollution maps; It was noted that organic pollutant concentrations were higher in Çorlu during the summer months. SO₂ is observed as clusters in both periods and NO₂ and O₃ were highly distributed. It was observed that O₃ was at higher concentrations in semi-urban areas and NO₂ in regions categorized as roads.

Keywords: Corlu, Air pollution, GIS, Passive sampling, VOC, SO₂, NO₂, O₃

Received: 17.09.2018

Accepted: 16.11.2018

* Sorumlu yazar.

E-posta adresi: lhtecer@nku.edu.tr (L. H. Tecer)

1. Giriş

Global olarak hava kirleticiler genellikle kentsel ve sanayinin yoğun olduğu bölgelerde kendini göstermektedir. Artan kent nüfusu, kentin yerleşim yapısı, mikro meteorolojik etkiler, sanayi bölgelerine yakınlık gibi etmenler de hava kirleticilerinin olumsuz etkilerini belirleyen sebepler arasındadır. Atmosferik kirlilikten insan sağlığının olumsuz etkilenmesi ve azalan çevre kalitesi nedeniyle kentlerdeki hava kalitesinin belirlenmesine yönelik çalışmalar da artmıştır. Kentsel hava kalitesi üzerine yapılan çalışmalar genellikle; kirleticilerin sağlık etkilerine, kirliliğin azaltılmasına, kentsel ulaşım ağlarının ve yerleşimin planlanmasına ve kirliliğin çevresel etkilerinin belirlenmesine yönelik olmaktadır. Epidemiyoloji ve laboratuvar çalışmaları, ortam havasındaki kirleticilerin (örneğin PM, O₃, SO₂ ve NO₂) bronşit, amfizem ve astım gibi çeşitli solunum problemlerine neden olduğunu göstermiştir (Nelson and Tony, 2000; Williams et al., 2000; Timonen et al., 2001; Mabahwi ve ark.,2014). Bu amaçla yapılan çalışmalar; örnekleme, analiz ve modelleme çalışmalarını içinde barındırır. Ayrıca kirliliğin dönemsel ve mekânsal boyutunun ortaya konulması, özellikle kent içerisinde farklı bölgelerde hava kalitesinin belirlenmesi amacıyla yapılan çalışmalar da son zamanlarda önem kazanmıştır. Bu amaçla yapılan çalışmaların bir bölümü de hava kirleticiler için oluşturulan mekânsal ve mevsimsel haritalandırmalardır (Myers, 1991; Holland et al., 2000; Diem and Comrie, 2002; Wong et al., 2004; Tecer, 2008).

Bu çalışmada, son yıllarda hızlı nüfus artışı ve sanayileşme gösteren Trakya bölgesinin en kalabalık merkezi konumunda olan Çorlu ilçe merkezi seçilmiştir. Çorlu ilçesi İstanbul'u Edirne'ye bağlayan D100 karayolu üzerinde bulunan İstanbul'un sanayisinin yayılım gösterdiği bir konumdadır. Ulaşım ve endüstri bölgesinin sağladığı olanakları nedeniyle Tekirdağ'ın ekonomik, sosyal ve kültürel açıdan en gelişmiş ilçesidir. İlçe ve yakın çevresinde çok sayıda organize sanayi bölgesi bulunmaktadır ve bu nedenle de 2017 yılında 260437 kişiye ulaşan nüfus her yıl Türkiye ortalaması üzerinde artış göstermektedir. Bu gün itibarıyla, sanayi bölgesinin çevresinde bulunması nedeniyle yoğun göç almış bir ilçe olan Çorlu, bağlı olduğu Tekirdağ ili merkez nüfusundan daha fazla bir nüfusa sahiptir.

Çorlu ilçe merkezinde organik (BTEX) ve inorganik (SO₂, NO₂, O₃) kirleticilerin zamansal ve mekânsal değişimlerinin belirlenmesi amacıyla gerçekleştirilen bu çalışmada, kirletici konsantrasyonlarının belirlenmesi amacıyla pasif örnekleme yöntemi kullanılmıştır. Kirleticilerin zamansal değişimi yaz ve kış örnekleme yapılarak belirlenmiştir. Mekânsal değişimin belirlenmesi ise 'ters ağırlıklı ortalama (Inverse Distance Weighted-IDW)' algoritması yöntemi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Yapılan haritalama çalışmaları ile kent merkezinde farklı bölgelerin atmosferik kirlilik düzeyleri belirlenmiştir. Böylelikle, kent için farklı kullanım ve yaşam alanlarına ilişkin ölçmeye ve modellemeye dayalı atmosferik kirlilik haritaları oluşturulmuştur.

2. Materyal Metod

2.1. Çalışma Alanı

Çorlu, Marmara Bölgesi'nde Tekirdağ iline bağlı bir ilçedir. Yüz ölçümü 899 km²'dir ve rakım 193 m'dir. Çorlu ilçesi doğuda İstanbul, batıda Tekirdağ il merkezi, kuzeyde Ergene ve Çerkezköy İlçeleri ve güneyde Marmara Ereğlisi ve Marmara Denizi ile çevrilidir (Şekil 1). İlçenin bulunduğu arazinin görünümü dalgalı düzlükler şeklinde ve engebesizdir, eğim değerleri yüksek değildir. Çorlu, Karadeniz, Akdeniz ve karasal iklim özelliklerinin bir arada görüldüğü bir geçiş tipi iklimin etkisi altındadır. Kuzeyden inen soğuk hava kütleleri ile güneyden, Akdeniz ve Ege'den gelen nemli-ılık hava akımları bölge iklim yapısını etkiler (Tosun, 2007).



Şekil 1. Çorlu sınırlar haritası, <http1>, erişim tarihi:24.05.2017

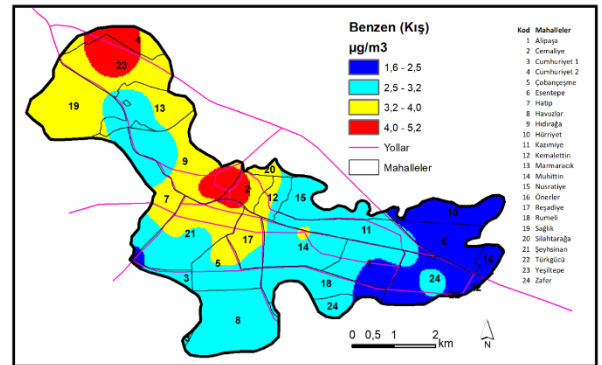
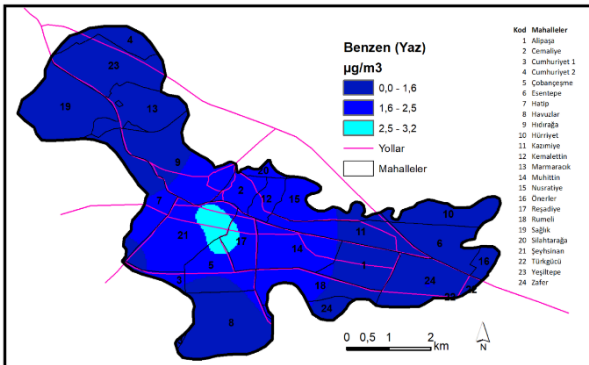
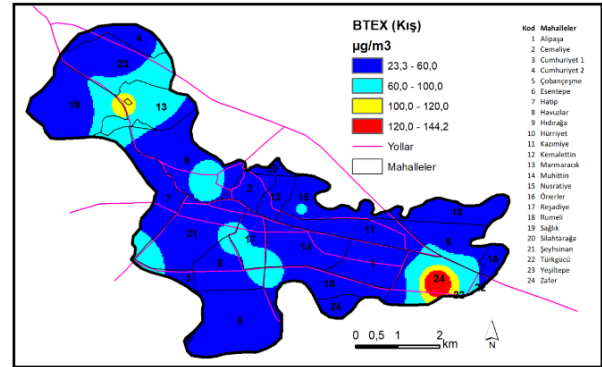
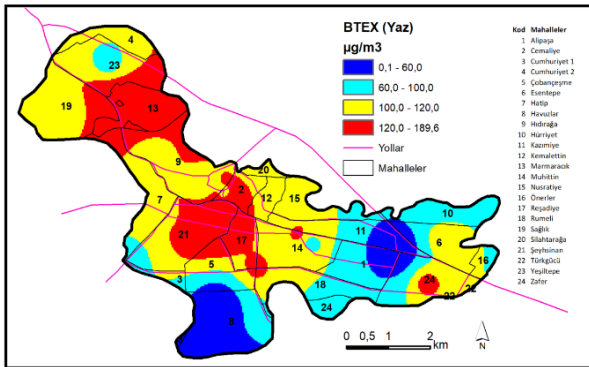
Ayrıca Çorlu ilçesi İstanbul'u Edirne'ye bağlayan D100 karayolu üzerinde bulunur. Ulaşım olanakları nedeniyle Tekirdağ'ın ekonomik, sosyal ve kültürel açıdan en gelişmiş ilçesidir (Fıçırcı, 2017). İlçe ve yakın çevresinde 5 adet organize sanayi bölgesi bulunmaktadır. Bunlar; Çorlu Deri Karma OSB, Velimeşe OSB, Çorlu 1 OSB, Ergene 1 OSB, Ergene 2 OSB, Tekil sanayilerdir. Zafer (24), Alipaşa, Hürriyet (10), Kazımiye (11) Mahalleleri Çorlu'nun yeni yerleşiminin olduğu ve trafiğin yoğunlaştığı bölgeleridir. Zafer Mahallesi'nin güney doğusunda oto sanayi bulunmaktadır ve Türkgücü (22) olarak geçen bölgede Çorlu OSB 1 yer almaktadır. Eski yerleşimin olduğu mahalleler Cemaliye (2), Hıdırağa (9), Şeyhsinan (21), Reşadiye (17) mahalleleridir. Bu mahalleler etrafındaki trafik aynı şekilde yoğun olup özellikle Hıdırağa ve çevresindeki mahallelerde kısmen kömürle ısınmanın devam ettiği gözlenmektedir. Marmaracık ve Sağlık mahallesinde de aynı şekilde kısmen kömürle ısınmanın olduğu bilinmektedir. Bununla birlikte bu mahallelerin kuzey batısında tekil sanayilerin yer aldığı bilinmektedir.

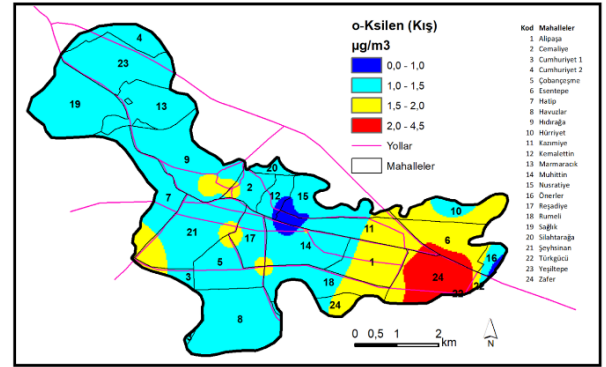
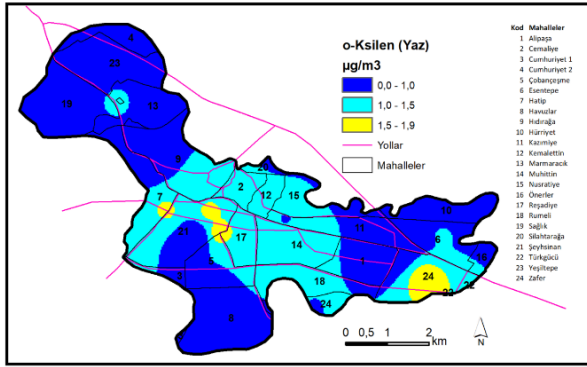
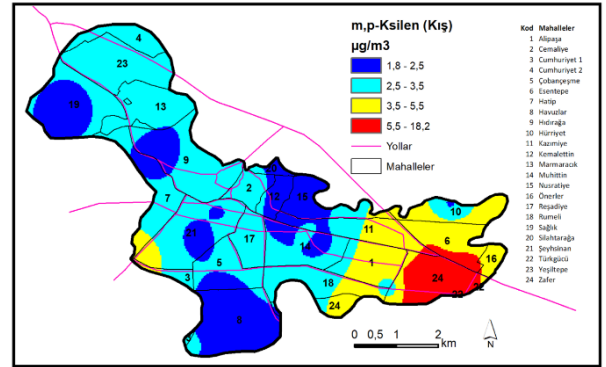
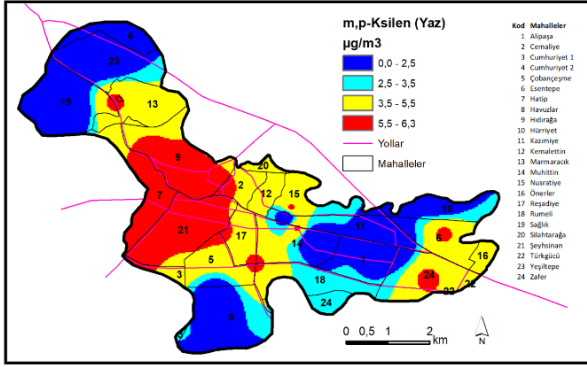
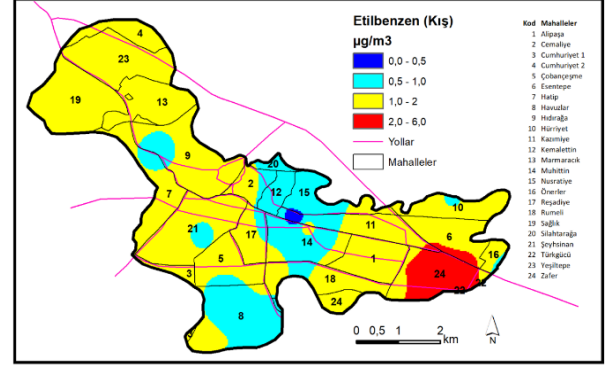
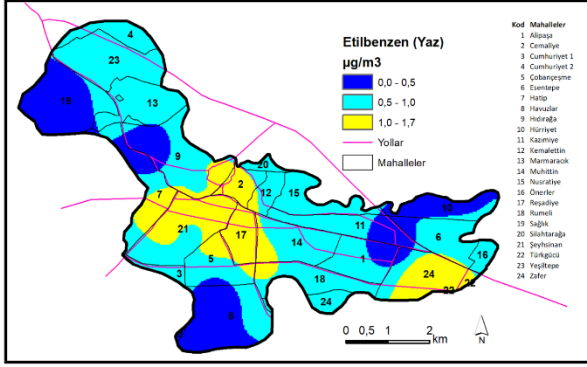
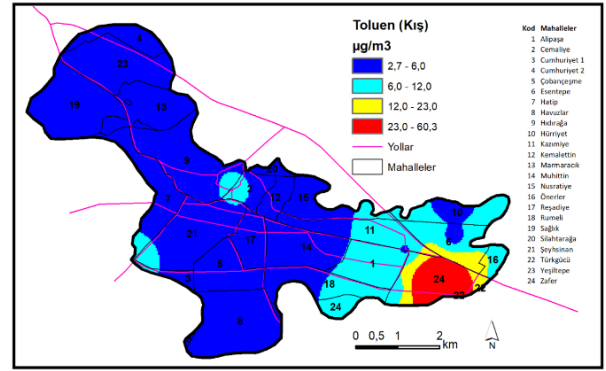
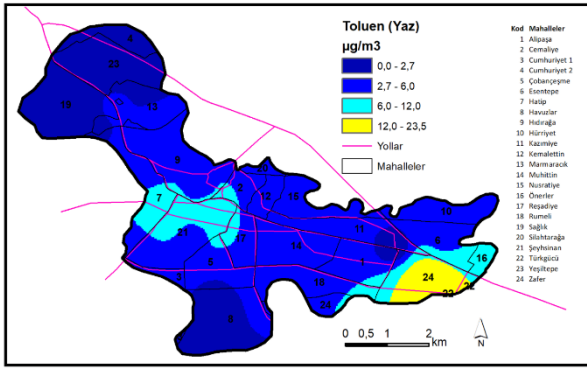
İlçe nüfusu 2017 yılında 260437 kişidir (<http2>, 24.05.2017). Bölge hem İstanbul'a hem de batı sınırına yakın olması, 5 adet organize sanayi bölgesinin çevresinde bulunması gibi sebeplerle yoğun göç almış bir ilçedir ve nüfusu bağlı olduğu

Tablo 1. Çalışma periyodu boyunca kirletici konsantrasyonları, ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

| | Benzen | | Toluen | | Etilbenzen | | m,p- Ksilen | | o-Ksilen | |
|-------------------|--------|------|--------|------|------------|------|-------------|-------|----------|------|
| | Yaz | Kış | Yaz | Kış | Yaz | Kış | Yaz | Kış | Yaz | Kış |
| Ortalama | 1,98 | 2,95 | 4,37 | 4,19 | 1,07 | 1,32 | 1,66 | 3,20 | 1,30 | 1,56 |
| Medyan | 1,76 | 2,74 | 4,01 | 4,18 | 0,91 | 1,08 | 1,49 | 2,44 | 1,15 | 1,43 |
| Std. Sapma | 0,58 | 0,88 | 1,90 | 1,49 | 0,26 | 1,12 | 0,74 | 3,33 | 0,32 | 0,73 |
| Minimum | 1,16 | 1,63 | 2,09 | 1,88 | 0,91 | 0,91 | 1,28 | 1,47 | 0,95 | 1,09 |
| Maksimum | 3,23 | 5,24 | 9,81 | 8,10 | 1,73 | 6,05 | 4,99 | 18,22 | 1,92 | 4,51 |

| | | Yarı kentsel | Yerleşim | Yol | Sanayi |
|-------------------|------------|---------------|------------|------|--------|
| | | Benzen | Yaz | 0 | 1,9 |
| | Kış | 1,63 | 3,32 | 2,95 | 2,39 |
| Toluen | Yaz | 2,84 | 4,9 | 4,62 | 9,58 |
| | Kış | 2,71 | 4,08 | 4,51 | 22,52 |
| Etilbenzen | Yaz | 0 | 0,97 | 1,12 | 1,32 |
| | Kış | 0,93 | 1,05 | 1,09 | 3,59 |
| mp-Ksilen | Yaz | 1,49 | 1,51 | 1,52 | 2,62 |
| | Kış | 2,44 | 2,51 | 2,59 | 7,54 |
| o-Ksilen | Yaz | 0 | 1,15 | 1,46 | 1,52 |
| | Kış | 1,26 | 1,38 | 1,42 | 3 |





Şekil 3. Çorlu ilçe atmosferinde BTEX kirlilik haritası

3.2. İnorganik Kirletici Konsantrasyonları ve Kirlilik Haritaları

Organik kirleticilerle birlikte, Çorlu ilçe merkezinde 21 noktada, yaz ve kış olmak üzere 2 periyotta 15 günlük pasif örnekleme yöntemiyle inorganik kirleticiler (SO_2 , NO_2 ve O_3) de örneklenecek haritalama çalışmaları gerçekleştirilmiştir. İnorganik kirleticilere ait tanımlayıcı istatistik sonuçları ve çalışma bölgesinin kategorilere ayrılarak oluşturulan istatistikleri Tablo 2’de verilmiştir.

SO_2 seviyesinin genellikle ısınma kaynaklı olduğu göz önüne alındığında yaz aylarında ortalama konsantrasyonun daha yüksek çıkması dikkat çekmektedir. Ancak Çorlu’da SO_2 kirliliği açısından çok yüksek ortalama konsantrasyonlara rastlanmamıştır. Buna göre SO_2 kirliliği bakımından en yoğun olan mahalleler Muhittin, Rumeli ve Kazimiye Mahalleleridir. Bu mahallelerde lokal olarak biyokütle yakılması kaynaklı emisyonların olduğu düşünülmektedir.

NO_2 kirleticisi beklenildiği gibi Çorlu’da yol güzergâhlarının

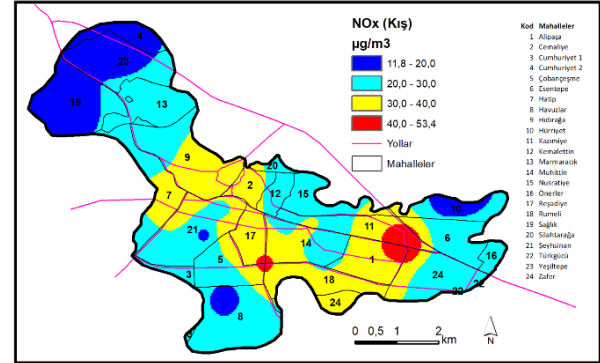
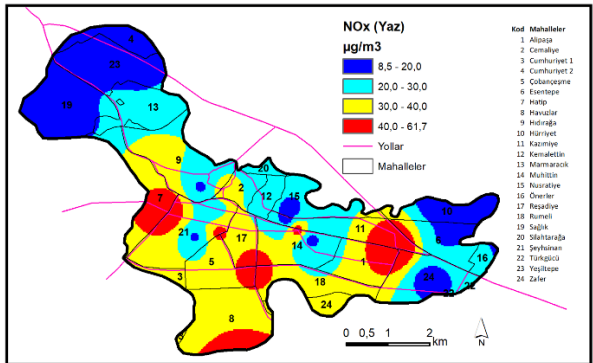
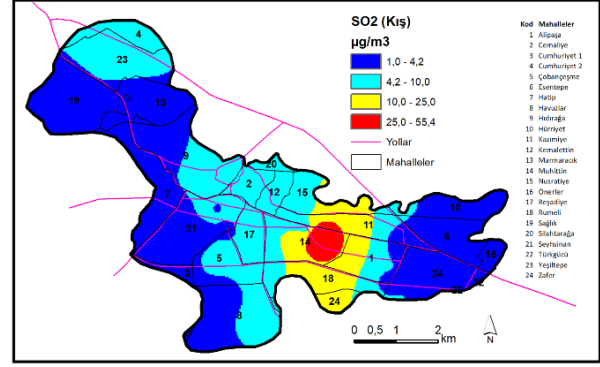
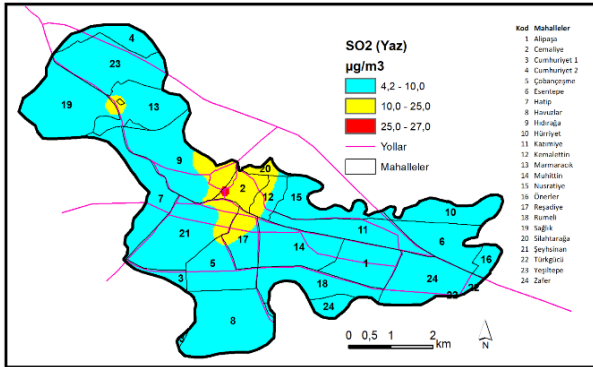
yoğun olduğu bölgelerde, yaz ve kış döneminde ortalama konsantrasyonlar yüksek ölçülmüştür. Çorlu'da NO₂ kirliliği açısından en kirli bölgeler; Zafer mahallesi, Alipaşa ve Kazımiye mahallerinin keşiştiği kavşak bölgesi; Reşadiye, Muhittin, Rumeli ve Çobançeşme mahallelerinin keşiştiği kavşak ve çevresidir.

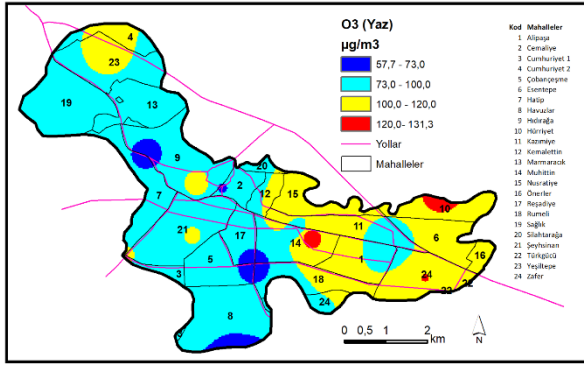
O₃ ise beklenildiği gibi yaz aylarında kısmen kent ve sanayiden uzak, yarı kentsel olarak tanımlanan bölgelerde daha yüksek ortalama konsantrasyona sahiptir (Tablo 2). Şekil 4'ten de görüldüğü gibi yerleşimin daha az yoğunlukta olduğu ilçe sınırlarında O₃ konsantrasyonları daha yüksektir

Tablo 2. Çalışma periyodu boyunca kireltici konsantrasyonları, (µg/m³)

| | SO ₂ | | NO ₂ | | O ₃ | |
|------------|-----------------|------|-----------------|-------|----------------|-------|
| | Yaz | Kış | Yaz | Kış | Yaz | Kış |
| Ortalama | 7,34 | 3,72 | 24,83 | 26,68 | 97,35 | 36,86 |
| Medyan | 7,46 | 3,52 | 18,78 | 24,67 | 95,14 | 34,45 |
| Std. Sapma | 1,70 | 1,88 | 14,92 | 10,45 | 22,26 | 12,33 |
| Minimum | 4,28 | 1,79 | 6,84 | 11,75 | 57,71 | 18,97 |
| Maksimum | 10,62 | 8,53 | 61,77 | 53,64 | 131,30 | 73,60 |

| | | Yarı kentsel | Yerleşim | Yol | Sanayi |
|-----------------|-----|-----------------|----------|-------|--------|
| | | SO ₂ | Yaz | 7,61 | 7,34 |
| | Kış | 2,27 | 11,09 | 3,46 | 2,77 |
| NO ₂ | Yaz | 8,53 | 16,63 | 38,74 | 15,05 |
| | Kış | 11,75 | 24,03 | 31,58 | 20,72 |
| O ₃ | Yaz | 126,3 | 107,49 | 78,13 | 111,95 |
| | Kış | 54,97 | 40,89 | 32,04 | 37,79 |





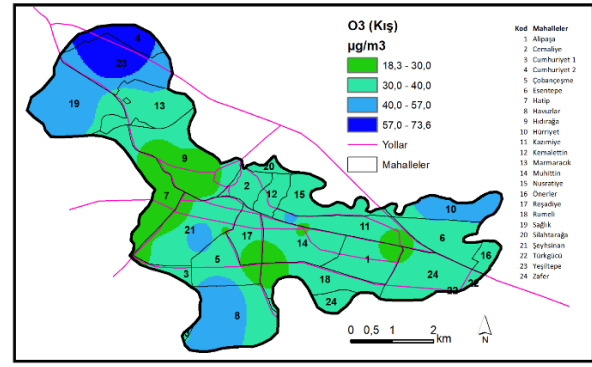
Şekil 4. Çorlu ilçe atmosferinde inorganik kirlilik haritası

4. Sonuçların Değerlendirilmesi

Proje kapsamında Çorlu ilçesinde hava kirletici verileri yaz (Ağustos 2015) ve kış (Şubat 2016) dönemi olmak üzere iki farklı mevsimsel dönemde pasif örnekleme metodu kullanılarak toplanmıştır. Çalışmalar Çorlu ilçe merkezinde ve çevresinde organik ve inorganik kirleticilerin pasif örnekleme metoduyla toplanması için 21 nokta belirlenmiştir. Kirleticilerin mekânsal deseni, çalışma alanındaki kirletici kaynak, topografya ve insan faaliyetlerini kapsayan süreçlerin etkisini ortaya koymak amacıyla 'ters ağırlıklı ortalama (Inverse Distance Weighted-IDW)' algoritması kullanılarak 'hava kirliliği haritaları' çıkarılmıştır.

Çorlu ilçe merkezi ve çevresinde 21 noktada yapılan pasif örnekleme çalışmaları sonucunda ölçülen kirleticilere ilişkin olarak:

- Yaz dönemi ve kış dönemi benzer konsantrasyonları ortalaması sırasıyla $1,98 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ve $2,95 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ölçülmüştür. Benzen konsantrasyonu ölçülen dönemlerde Çorlu yerleşim bölgesinde ($3,32 \mu\text{g}/\text{m}^3$) kış aylarında yol, yarı kentsel ve sanayi alanlarına göre daha yüksek çıkmıştır.
- Tolüen, ölçüm yapılan yaz ve kış döneminde, organik kirleticiler içerisinde ortalama konsantrasyonu (sırası ile $4,37 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $4,19 \mu\text{g}/\text{m}^3$) en yüksek çıkan kirletici olmuştur.
- Tolüen, etilbenzen, mp-ksilen ve o-ksilen organik kirleticileri Çorlu'da sanayi bölgesi olarak tanımlanan bölgelerde yaz ve kış döneminde yüksek konsantrasyonlarda görülmüştür.
- BTEX kirliliği açısından en kirli mahalleler; Şeyhsinan, Resadiye, Cemaliye, Zafer ve Marmaracık'tır.
- O₃ konsantrasyonları yaz döneminde $57,71 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ve $131,30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ arası değişirken, kış döneminde $18,97 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ve $73,60 \mu\text{g}/\text{m}^3$ arası değişmektedir. O₃ konsantrasyonu her iki dönemde de Yeşiltepe, Sağlık Mahallesi ve Hürriyet Mahallesi daha yüksektir. Bu bölgeler yerleşim merkezine oranla daha az nüfuslu olması nedeniyle çalışmada yarı kentsel bölge olarak tanımlanmıştır.
- NO₂ konsantrasyonları yaz döneminde $6,84 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ile $61,77 \mu\text{g}/\text{m}^3$ arası değişirken, kış döneminde $11,75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ile $53,64 \mu\text{g}/\text{m}^3$ arası değişmektedir. Ortalama NO₂ konsantrasyonları ise yaz ve kış dönemi için sırasıyla



$24,83 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ve $26,68 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 'tür. NO₂ konsantrasyonları Çorlu'da yaz döneminde ($38,74 \mu\text{g}/\text{m}^3$) yol olarak tanımlanan bölgede; kış döneminde ise sanayi olarak tanımlanan bölgede ($111,95 \mu\text{g}/\text{m}^3$) yüksek konsantrasyonlarda çıkmıştır. Kirlilik haritaları incelendiğinde NO₂ kirliliğinin çoğunlukla kavşaklarda yoğunlaştığı görülmektedir.

- SO₂ konsantrasyonlarının ise yaz döneminde $4,28 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ile $10,62 \mu\text{g}/\text{m}^3$ arası değiştiği, kış döneminde ise $1,79 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ile $8,53 \mu\text{g}/\text{m}^3$ arası değiştiği gözlemlenmiştir. SO₂ kirliliğinin çoğunlukla Cemaliye, Silahtarağa, Nusratiye, Reşadiye Mahalleleri'nde yüksek olduğu görülmüştür.
- Kirleticilerin çoğunlukla yoğunlaştığı bölgelerin şehrin orta kısmı ve güney batısı olduğu görülmüştür.

Teşekkür

Bu çalışma 114Y576 nolu TÜBİTAK projesi tarafından desteklenmiştir.

Kaynaklar

- [1] De Santis F., Dogeroglu T., Fino A., Menichelli S., Vazzana C., Allegrini I., 2002. Laboratory development and field evaluation of a new diffusive sampler to collect nitrogen oxides in the ambient air. Anal Bioanal Chem. 373,901.
- [2] Diem J.E., Comrie A.C., 2002. Predictive mapping of air pollution involving sparse spatial observations. Environ. Pollut. 119,99.
- [3] Fıçıcı, M. (2017). Çorlu İlçesi Kent Atmosferinde Partikül Maddelerin metalik kompozisyonunun ve kaynak katkılarının belirlenmesi. (Yüksek lisans tezi). Namık Kemal Üniversitesi. Tekirdağ.
- [4] Goovaerts P., Trinth H.T., Demond A.A., Franzblua D., Garabrant B., Gillespie J., Lepkowski A., Adriaens P., 2008. Geostatistical modelling of the spatial distribution of soil dioxins in the vicinity of an incinerator, Environ. Sci. Technol. 52, (10), 3648.
- [5] Holland D.M., De Oiveira V., Cox L.H., Smith R.L., 2000. Estimation of regional trends in sulfur dioxide over the eastern United States. Environmetrics, 11, (4), 373.
- [6] http1 - http://cografyaharita.com/tekirdag_ili_haritalari.html. Erişim tarihi:24.05.2017

- [7] http2 - https://www.nufusu.com/ilce/corlu_tekirdag-nufusu. Erişim tarihi: 24.05.2017
- [8] Mabahwi, N. A. B., Leh, O. L. H., & Omar, D. (2014). Human Health and Wellbeing: Human health effect of air pollution. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 153, 221-229.
- [9] Myers D.E., 1991. Interpolation and estimation with spatially located data. *Chomometr Intell Lab*. 11,209.
- [10] Nelson, G., and Tony, F. 2000. Time series analysis of air pollution and mortality, effects by cause, age and socioeconomic status. *J. Epidemiol. Commun. Health* 54:750–755.
- [11] Ozden O., 2005. Monitoring of air quality by use of passive samplers. Master of Science Thesis. Eskişehir, Turkey, Anadolu University, Graduate School of Natural and Applied Sciences, Environmental Engineering Program.
- [12] Sun X., Manton M.J., Ebert E.E., 2003. Regional rainfall estimation using double-kriging of rainguage and satellite observations, Bureau of Meteorology Research Centre (BMRC) Research Report, Australia, published by Bureau of Meteorology, 94.
- [13] Tecer L.H., 2008. Investigation of air pollution and meteorological effect on human healths in Balıkesir, Problem of regional developing South Marmara National Symposium, 2-3 June, 127-138, Bandırma, Balıkesir, Turkey.
- [14] Timonen, K. L., Pekkanen, J., Tiittanen, P., and Salonen, R. O. 2002. Effects of air pollution on changes in lung function induced by exercise in children with chronic respiratory symptoms, *Occup. Environ. Med.* 59:129–134.
- [15] Tosun, E. (2007). Tekirdağ ili Çorlu ilçesi açık ve yeşil alanların saptanması üzerine bir araştırma. (Yüksek Lisans Tezi).Trakya Üniversitesi. Tekirdağ.
- [16] Williams, R., Creason, J., Zweidinger, R., Watts, R., Sheldon, L., and Shy, C. 2000. Indoor, outdoor, and personal exposure monitoring of particulate air pollution, the Baltimore elderly epidemiology—Exposure pilot study. *Atmos. Environ.* 34:4193–4204.
- [17] Wong D.W., Yuan L., Perlin S.A., 2004. Comparison of spatial interpolation methods for the estimation of air quality data. *J.Expo. Anal. Env. Epid.* 14 (5), 404.