

## HAVA KİRLİLİĞİ ERGENE HAVZASI'NI NASIL ETKİLİYOR?

Lokman H. TECER<sup>1</sup>, Sermin TAGIL<sup>2(\*)</sup>, Merve FIÇICI<sup>1</sup>, Sait Sofuoğlu<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Tekirdağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Çorlu/Tekirdağ

<sup>2</sup> Balıkesir Enstitüsü, Coğrafya Bölümü, Balıkesir

<sup>3</sup> İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Kimya Mühendisliği Bölümü, İzmir

### ÖZET

Havza ölçeğinde hava kalitesinin değerlendirilmesi, kirlenme kaynaklarının modellenmesi açısından önemlidir. Ayrıca, ortam havası kalitesi, Ergene Havzası gibi oldukça kentleşmiş ve sanayileşmiş havzalarda büyük bir endişe kaynağıdır. Bu çalışmada Ergene havzasında NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, ve SO<sub>2</sub> değerlendirilerek havza ölçeğinde hava kalitesinin mevsimsel ve mekansal değişimi ortaya konmaya çalışılmıştır. Çalışmada kirlenmelerin ölçümleri yaz aylarını temsil etmek için 29.07.2015 –18.08.2015 ve kış aylarını temsil etmek için ise 01.02.2016 –21.02.2016 tarihleri arasında pasif örnekleme yöntemi ile 200 istasyonda yapılmıştır. Kirlenmelerin mekansal modellenmesinde Ters Ağırlıklı Ortalama (Inverse Distance Weighted-IDW) kullanılmıştır. IDW hava kalitesi haritalarının üretimi için standart teknik olarak yaygın olarak kullanıldığından tercih edilmiştir. Değerlendirmeler yapılırken Avrupa Birliği- Türkiye Limit Değerleri dikkate alınmıştır. Yapılan modeller göstermektedir ki, NO<sub>2</sub> kirliliğinde iki bölge dikkati çekmektedir. Bunlardan biri yukarı havza'da Çerkezköy-Tekirdağ hattı; bir diğeri ise orta havzada, Havza Edirne çevresidir. O<sub>3</sub> ise ergene havzasını kuzeyden ve güneyden çevreleyen yüksekliklerde ve kırsal nüfusun fazla olduğu yerlerde daha yüksek olması ile dikkati çekmekte, havza tabanında ise daha düşük değerler göstermektedir. SO<sub>2</sub>'nin dağılımında ise belirli bir kümelenme gözlenmemektedir. Kış aylarında SO<sub>2</sub> ve NO<sub>2</sub>; yaz aylarında ise O<sub>3</sub> yüksek değerlerde dağılım göstermektedir. Sonuç olarak hava kalitesinin havza ölçeğinde değerlendirilmesinin havza yönetiminde bütünleşik havza yönetimi açısından katkı sağlayacağı düşünülmektedir. Çünkü hava kirliliği sadece soluduğumuz havayı kirletmekle kalmayıp; bitkiye, toprağa ve suya da zarar vermektedir.

### ANAHTAR SÖZCÜKLER

Hava Kalitesi, Coğrafi Bilgi Sistemleri, Ergene Havzası, Geo-istatistik, Pasif örnekleme

### ABSTRACT

Assessment of air quality at basin scale is important from the point of view of modeling of pollutant sources. In addition, environmental air quality is a major concern in highly urbanized and industrialized basins such as the Ergene Basin. In this study, it was tried to determine the seasonal and spatial variation of the air quality in the basin scale by evaluating NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, and SO<sub>2</sub> in Erzurum Basin. The study was carried out in 200 stations by means of passive sampling

(\*) stagil@balikesir.edu.tr

method between 29.07.2015 - 18.08.2015 and 01.02.2016 between -21.02.2016 for the measurement of pollutants. Backward Weighted Average (Backward Weighted-IDW) was used in the spatial modeling of the pollutants. IDW is preferred because it is widely used as standard technique for air quality maps. European Union-Turkey Limit Values have been taken into account when making evaluations. In the models being made, two regions are notable in NO<sub>2</sub> pollution. One of these is the Çerkezköy-Tekirdağ line in the upper basin; The other one is in the middle watershed, Basin Edirne. Note the higher than in the O<sub>3</sub> mugwort basin and the higher altitudes surrounding the south and where the rural population is higher, and more on the basin floor. No specific clustering of SO<sub>2</sub> is observed in the distribution. SO<sub>2</sub> and NO<sub>2</sub> in winter; while in summer O<sub>3</sub> is highly distributed. As a result, evaluation of the air quality of the watershed is considered to contribute to integrated watershed management in watershed management. Because air pollution can only be caused by polluting the air we breathe; plant, soil and water damage.

## KEYWORDS

Air Quality, Geographical Information Systems, Ergene Basin, Geo-statistics, Passive Sampling,

## 1. GİRİŞ

Havzaların ekonomik cazibe merkezi olması beraberinde plansız sanayileşmeyi ve dolayısı ile artan nüfusu ve ulaşım ihtiyacını doğurmaktadır. Bu artan antropojenik baskı, atmosferde kirleticilerinin artmasına neden olmaktadır. Havza ölçeğinde trafik, endüstri ve ısınma sistemlerinin hava kirliliğinin başlıca kaynakları olduğu söylenilebilir.

Çeşitli hava kirleticilerinin çevreye ve insan sağlığına olumsuz etkileri bilinmektedir. Her bir hava kirleticinin etki süresi, konsantrasyonu ve diğer karakteristiklerine bağlı olarak insan sağlığı üzerinde etkileri olmaktadır. İnsanlar üzerindeki klinik çalışmalarda O<sub>3</sub>, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> gibi kirleticilerin ve polen gibi biyojenik antijenlerin solunum yolu hastalıklarını arttırdığı rapor edilmiştir (Helander vd., 1997; Moshammer ve Neuberger, 2003; Martonen ve Schroeter, 2003). Pek çok epidemiolojik çalışmada özellikle astım gibi kronik solunum yolu hastalığına çevresel hava kirliliğinin olumsuz etkisi olduğu kabul edilmektedir (Alberini ve Krupnick, 1998; Williams, vd., 2000; Tecer, 2009). Benzer çalışmalar, hava kirliliği seviyesi ile akciğer fonksiyonlarında düşüş, solunum yolu semptomlarında artış ve ölüm vakalarında artış arasında bir ilişkinin olduğunu göstermektedir (Wordley vd., 1997). Yetişkin ve çocuklarda, solunum yolu şikayetleri veya astımda şiddetlenme sebebiyle hastaneye yatışlarda ve acil servislere başvurulardaki artışla hava kirliliği arasında ilişki olduğu bulunmuştur (Wong vd., 2001; Brunekreef ve Holgate, 2002).

Havzalarda hava kirliliğinin etkisi sadece insan sağlığı ile sınırlı değildir. Tarımsal kullanım açısından büyük bir zenginlik olan havzalardaki hava kirliliğinin bir diğer, belki de, en önemli etkisi bitkiler üzerinedir. Güneş ışığının dışında, yaprakların üzerindeki tozlar stomaları bloke etmekte ve CO<sub>2</sub>'e karşı iletkenliklerini düşürmekte ve aynı anda fotosistem II'ye müdahale etmektedir. SO<sub>2</sub> ve NO<sub>x</sub> gibi kirletici gazlar, CO<sub>2</sub> ile aynı difüzyon yolunu izleyerek bitkilerin stomaları yoluyla yapraklara iletilmektedir. Hava kirleticilerin bitkiler üzerindeki etkileri ile ilgili

yapılan çalışmalar kirletici türü ve konsantrasyonuna, güneşlenme gibi iklim unsurlarına bağlı olarak kirleticilerin bitkiler üzerine etkisinin değiştiğini göstermektedir (Weber vd., 1993; Rebeck, 1996; Anderson vd., 1997). Bu etkilerden en bilineni SO<sub>2</sub> ve azot oksitlerine (NO<sub>x</sub>) bağlı asit yağmurlarının bitki ve toprak sağlığını etkilemesidir (Yıldırım vd., 1991). Özkan (1988) yaptığı çalışmada atmosferde artan SO<sub>2</sub>'nin bitki stomalarının kapanmasını engelleyerek bitkilerin fazla miktarda su kaybetmesine ve dolayısı ile fizyolojik kuraklığa neden olduğunu vurgulamıştır. Diğer yandan bitki tarafından özümlenen SO<sub>2</sub>, bitki gelişimini olumsuz etkilemektedir. SO<sub>2</sub> klorofil oluşumunu etkilediği için "klorofil zehiri" olarak da bilinmektedir. (Çepel, 1980). Ozon (O<sub>3</sub>) ise çok düşük konsantrasyonlarda dahi bitki ve ağaçlarda zararlara neden olmaktadır (Bender vd., 1999). Öyle ki, Ozon Kuzey Amerika'da en zararlı fitotoksik hava kirleticisi olarak bilinmektedir (Krupa vd. 1995). Günlük ortalama O<sub>3</sub> konsantrasyonunun 40, 50 veya 60 ppb ulaştığı her yerde, soya fasulyesi, mısır, kış buğdayı ve pamuğun kombine verimi 5, 10 ve 50 azalmaktadır. O<sub>3</sub> oldukça reaktiftir ve plazma zarlarına bağlanarak metabolizmayı değiştirmektedir. Sonuç olarak, stomatal açıklıklar düzgün düzenlenmediğinden fotosentez engellenmektedir. Krupa, (1996) yaptığı çalışmada O<sub>3</sub>'nun fotosentezi ve dolayısı ile bitki gelişimini olumsuz etkilediği için verim kayıplarına neden olduğunu belirlemiştir. O<sub>3</sub>'de bitki ve ağaçlarda klorofilin yapısını bozmakta ve bitkilerin ömrünü kısaltmakta; klorofil ve çözülebilir protein miktarını azalmaktadır (Grandjean ve Fuhrer, 1989). Azot oksitler (NO<sub>x</sub>) de bitki gelişimi bakımından tehlikelidir. Azot dioksit, azot monoksit oranla solunum ve fotosentezi, ciddi azaltarak (Srivastava vd., 1975) bitki ve ağaçlara daha fazla zarar vermektedir (De Temmerman vd., 1992).

Havzalarda sadece insan değil bitki yaşamı açısından da böylesine öneme sahip olan hava kirleticilerinin bölgesel ve mekânsal kirlilik dağılım haritaları, kirlilik ve etkileriyle ilgili çevre araştırmacıları, politika yapıcılar ve epidemiyologlar için oldukça kullanışlı araçlardır. Son yıllarda Coğrafi Bilgi Teknolojilerinin gelişmesi haritalama tekniklerinin de gelişmesine neden olmuştur. Böylece her ölçekte hava kirleticilerinin modellenmesi de mümkün olmuştur.

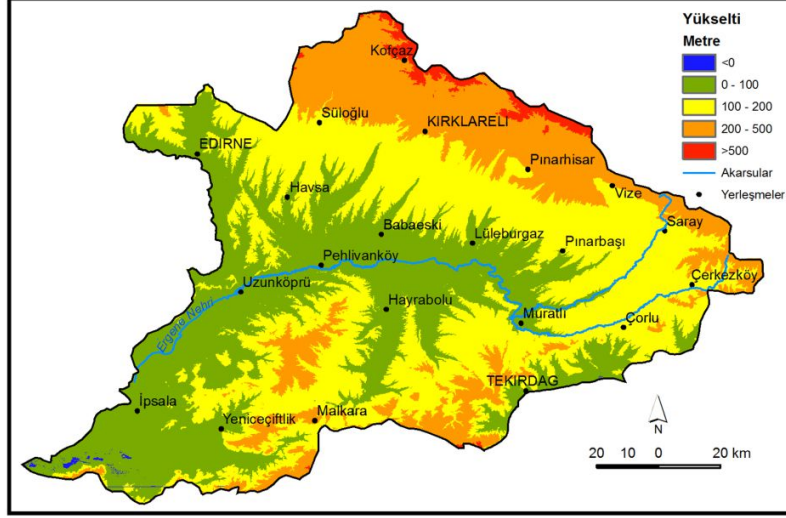
Bu çalışmada Türkiye'de 25 ana akarsu havzası arasında en büyüklerinden biri olan tarım ve sanayi potansiyeli yüksek olan Meriç-Ergene havzasında hava kalitesinin nasıl değiştiğinin SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub> ve O<sub>3</sub> kirleticileri temelinde belirlemek; atmosferik kirliliğin zamansal ve mekânsal değişkenliğini ortaya koymak ve muhtemel kaynaklarını tespit etmek amaçlanmıştır. Kirleticilerin yoğunlaştığı bölgelere dikkat çekilerek karar vericilerin planlama süreçlerinde karar vermelerine katkı sağlanacaktır. Ayrıca, kirlilik azaltım stratejilerine ve havza sağlığının korunmasına ışık tutacak nitelikte sonuçların ortaya çıkarılması amaçlanmıştır.

## 2. MATERYAL VE METOD

### 2.1. Çalışma alanı

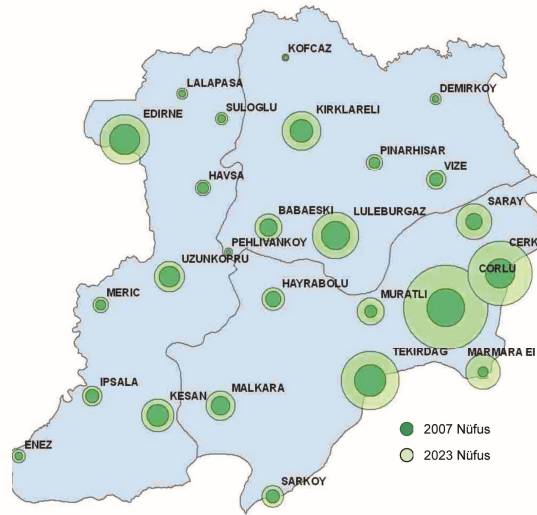
Türkiye'de 25 ana akarsu havzası bulunmaktadır. Bunlardan, 7 alt havzadan oluşan Ergene havzası Trakya bölgesinin neredeyse tamamını kaplamaktadır. Havzada Tekirdağ, Kırklareli ve Edirne illeri yer almaktadır. Ergene Havzası toplam alanı 12.438 km<sup>2</sup> olup, en önemli yerüstü su kaynağı Ergene Nehri'dir (Şekil 1). Ergene Nehri, havzanın kuzey doğusunda bulunan Istranca dağlarındaki doğmakta ve KD-GB yönünde akmaktadır. Muratlı kuzeyinde doğudan gelen Çorlu

deresi ile birleşerek Ergene Nehri ismini almaktadır. Ergene Nehri uzunluğu yaklaşık 282 km'dir. Ergene havzası tarım ve sanayi potansiyeli ile dikkat çekmektedir.



Şekil 1. Ergene havzası ve çevresinin topografik özellikleri.

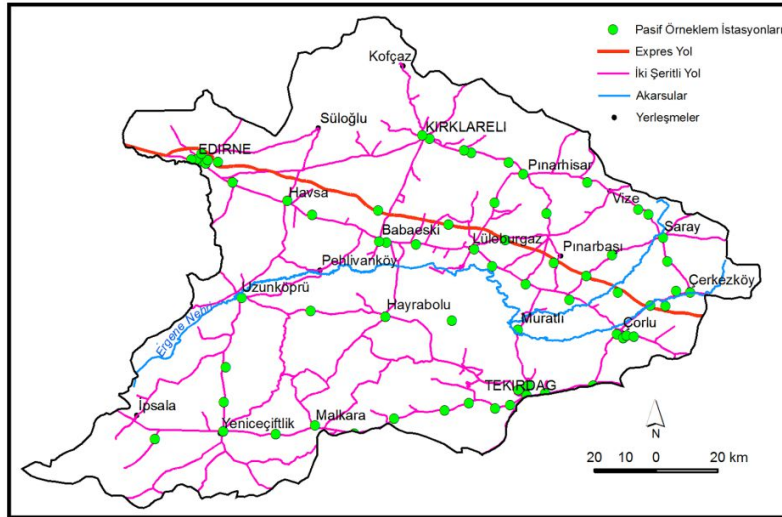
Havzada 2037 adet sanayi tesisi; 1.165.640 ha mutlak korunacak tarım arazisi bulunmaktadır (Anonim, 2009). Havza nüfusu hızla artmaktadır. Şekil 2 incelendiğinde sanayi tesislerinin artışına paralel olarak yukarı havzadaki Çorlu-Tekirdağ hattında 2023 yılında nüfusun hızla artacağı öngörülmektedir (Şekil 2)



Şekil 2. İller Bazında 2007-2023 Nüfus Değişim (Anonim, 2009'dan)

## 2.2. Yöntem

Çalışmada pasif örnekleyici tüpler kullanılmıştır. Pasif örnekleme noktalarının tespiti için Ergene Havzası ve çevresinde bölgeyi tanıma amacıyla arazi çalışması yapılmıştır. İstasyonların yerleştirilmesinde seçilecek noktalar için kentlerin yerleşim planları (konut, ticari alan ve kamu yerleşim bölgeleri), konut ve işyeri sayıları, nüfus yoğunlukları, sosyo ekonomik yapıları, trafik akış yoğunluğu, ana cadde - tali yol durumu, bölgedeki doğal gaz-kömür kullanımı gibi bilgiler temin edilerek havza genelinde 200 nokta belirlenmiştir (Şekil 3). Bu noktalara SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub> ve O<sub>3</sub> parametrelerinin örneklenmesi için örnekleyici tüpler yerleştirilmiştir. Pasif örnekleme çalışmasında örnekleme süreleri yaz örnekleme için 29.07.2015 tarihinde başlamış ve 27.08.2015 tarihinde sonuçlandırılmıştır. Aynı şekilde kış örnekleme ise 01.02.2016 – 23.02.2016 tarihleri arasında gerçekleştirilmiştir. SO<sub>2</sub> ve NO<sub>2</sub> inorganik kirleticilerinin pasif örneklenmesinde termoplastik kauçuk kapaklarla yapılmış akrilik Gradko Marka 11 mm çaplı tüpler kullanılmıştır. Üst kapakçık SO<sub>2</sub> ve NO<sub>2</sub> girişini sağlayarak örnekleri toplar iken alt kapakçık atmosferden partikül girişini önleyen filtreye sahiptir. O<sub>3</sub> örnekleri ise florlanmış etilen polimerli siyah beyaz termoplastik kauçuk kapaklarla yapılmış Gradko Marka 11 mm çaplı tüplerle toplanmıştır. Bu tüplerde siyah kapak absorbent içerirken beyaz kapak nitrat partiküllerinin girişini önleyici filtre içermektedir. Tüm örnekleyici tüpler örnekleme noktalarına yağmurdan korunaklı bir şekilde yerleştirilmiştir. 19 günlük örnekleme periyodu sonrasında, örnekleme noktalarından toplanan örnekleyiciler laboratuvara ağızları kapalı bir şekilde getirilerek Dionex® 2500 İyon Kromatografi cihazında (IC) ikincil analizleri gerçekleştirilmiştir. Analiz öncesinde, filtre kağıtları NO<sub>2</sub>-SO<sub>2</sub> örnekleri için 10 ml ultra saf su (Milli-Q) + 0,3 ml % 35 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> ile, ozon örnekleri için 5 ml ultra saf su ile 15 dakika ekstrakte edilmiştir.



Şekil 3. Pasif örnekleme istasyonları.

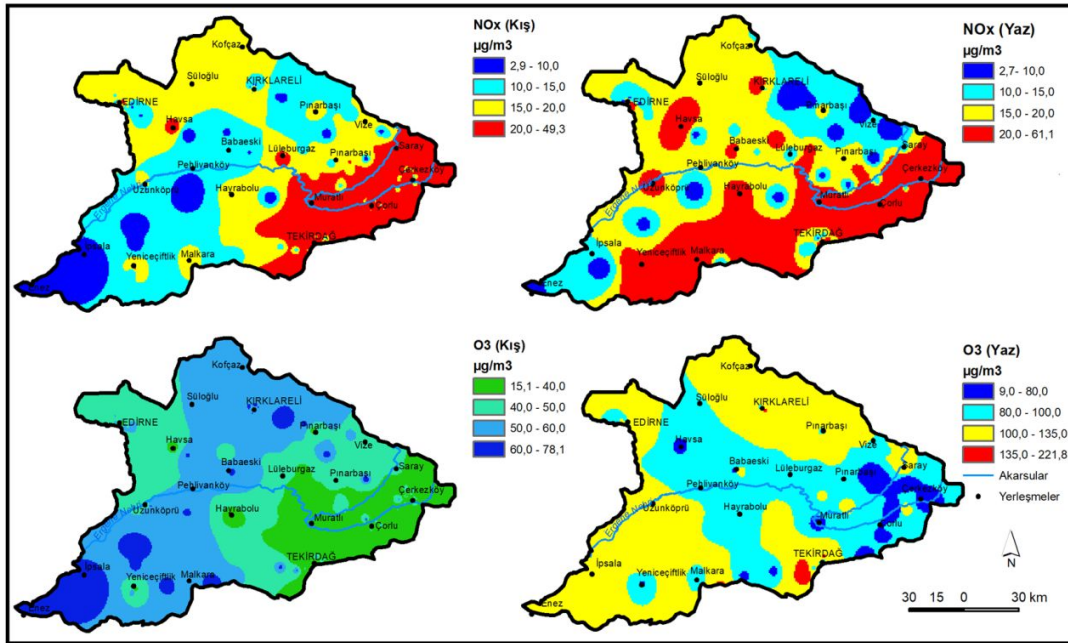
Pasif örneklemlerin enterpolasyonunda birçok yöntem kullanılmakla birlikte, bu çalışmada ‘ters ağırlıklı ortalama (Inverse Distance Weighted-IDW)’ algoritması kullanılmıştır. Bu yöntemde, kestirim noktasındaki yüzey değeri, dayanak noktalarındaki yüzey değerlerinin ağırlıklandırılmış

ortalamasının alınmasıyla hesaplanmakta, kestirim noktalarına yakın olan dayanak noktalarının etkisi uzak noktaların etkisine göre daha fazla olmaktadır.

### 3. BULGULAR

Yaz döneminde Ergene havzasında farklı noktalardan örneklenen inorganik kirletici ( $O_3$ ,  $NO_2$  ve  $SO_2$ ) konsantrasyonlarına ait istatistiksel değerler Tablo 1’de verilmiştir. 19 gün boyunca örneklenen  $O_3$  konsantrasyonları yaz döneminde  $8,46 \mu g/m^3$  ila  $221 \mu g/m^3$  arasında değişmektedir. Yaz döneminde, kırsal kesimdeki  $O_3$  konsantrasyonları kent merkezinde ölçülen konsantrasyonlardan daha yüksek bulunmuştur. Çalışma periyodunda, yaz dönemi ortalama  $O_3$  konsantrasyonları  $60 \mu g/m^3$  olan European Union Framework Directive on Air Quality Assessment and Management (1996/62/EC) sınır değerinin üzerindedir.  $NO_2$  konsantrasyonları yaz döneminde  $2,5 \mu g/m^3$  ila  $61 \mu g/m^3$  arasında değişmektedir ve ortalama konsantrasyon ise  $17,5 \mu g/m^3$  tür. Ölçülen bu ortalama değer European Union limit değerinin ( $40 \mu g/m^3$ ) oldukça altındadır.  $SO_2$  konsantrasyonları yaz döneminde  $2,0 \mu g/m^3$  ila  $20,6 \mu g/m^3$  arasında değişmektedir. Ortalama konsantrasyon ise  $4,4 \mu g/m^3$  tür.

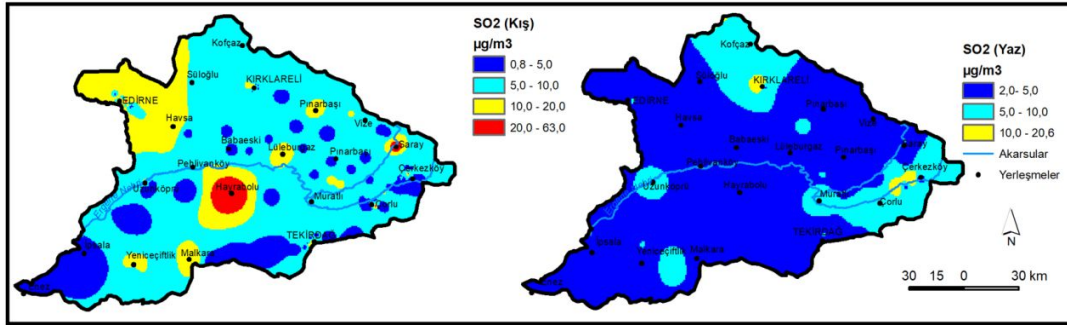
Havza genelinde  $NO_x$  emisyonunun en yüksek değerleri yaz ve kış aylarında çok fazla farklılık göstermemektedir. Her iki mevsimde yukarı havzada Çorlu-Tekirdağ arasında en yüksek değerlere ulaştığı görülmektedir. Ergene havzası içinde dikkati çeken bir diğer alan ise Edirne güneyinde Havza çevresidir. Bu dağılımda,  $NO_x$  i kontrol eden unsurun sanayi olduğu söylenilebilir. Bu bölgelerde  $NO_2$  konsantrasyonları  $40 \mu g/m^3$  ün üzerindedir. Bu hattan doğu ve batı yönünde gidildiğinde konsantrasyon oranı azalmaktadır. Bu değerler HKDYY’de insan sağlığının korunması için yıllık bazda aşılmaması gereken limit değer olan  $40 \mu g/m^3$ ’ü aşmamaktadır. Bu alanları çevreleyen  $30 \mu g/m^3$  değerini aşan alanlar da vejetasyon korunması açısından önemlidir.  $NO_x$  kirliliği açısından havzanın en temiz bölgeleri yaz aylarında Kapaklı, Saray, Kırklareli arasındaki kuzey rüzgarlarına açık bölge; kış aylarında ise aynı bölgenin dışında Enez çevresidir. Havza içinde bu bölgelerde düşük konsantrasyon değerlerinin gözlenme nedeni hem rüzgar yönü hem de düşük sanayileşme ile nüfus oranıdır. Havzanın farklı bölgelerinde ölçülen  $NO_x$  ve  $O_3$  konsantrasyonları arasında negatif bir ilişkinin olduğu anlaşılmaktadır. Araçlardan kaynaklanan  $NO$ ’nun atmosferdeki ozon ile reaksiyona girerek ozonu tüketirken, reaksiyon sonucunda  $NO_2$  oluşumuna neden olduğundan bu iki kirletici arasındaki ters ilişki beklenen bir durumdur.



Şekil 4. Ergene havzasında yaz ve kış aylarında NOX ve O3 dağılışı.

Ozon dağılışı yaz ve kış aylarında oldukça farklı desen göstermektedir (Şekil 4). Ozon kış aylarında oldukça düşük değerler göstermiştir. Bunun nedeni güneşlenme oranının az olmasıyla ilişkilidir. Bu düşük değerler içinde göreceli olarak en yüksek ozon değerleri KD-GB yönünde Kırklareli-Enez hattıdır ve en yüksek kırsal nüfusun fazla olduğu Enez çevresidir. Bu bölgelerde dahi 50-60  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  civarında bir dağılışı göstermiştir. Ozon konsantrasyonu havza içinde yaz aylarında güneşlenmenin etkisiyle 100  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  ün üzerine çıkmıştır. En az olduğu alanlar sanayileşmenin fazla olduğu Çorlu-Tekirdağ çevresidir. Yazın, yıllık ortalama  $\text{O}_3$  konsantrasyonu 60  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  limit değerinin üzerindedir (European Union Framework Directive on Air Quality Assessment and Management (1996/62/EC)).  $\text{NO}_2$  sanayi ve trafik akışının yoğun olduğu bölgelerde bol bulunması  $\text{O}_3$  oluşumunu baskılamış ve oluşan ozonun da fotokimyasal olarak tüketilmesine neden olmuştur. Bunun sonucunda,  $\text{O}_3$  konsantrasyonları bu bölgelerde düşük seviyede bulunmuştur.  $\text{NO}_2$  ve  $\text{O}_3$  atmosferde fotokimyasal süreçlerle birbiriyle etkileşim içinde olduklarından; genellikle havza genelinde,  $\text{NO}_2$  seviyelerinin düştüğü bölgelerde  $\text{O}_3$  seviyeleri artış göstermiştir. Mekansal  $\text{NO}_2$  konsantrasyonları kentsel bölgelerde kırsal bölgelerden daha yüksek bulunmuştur. Bu  $\text{O}_3$  seviyelerinin kent atmosferinde daha düşük ölçülmesiyle ilişkili bir durumdur. Ozonun yüksek olduğu bölgeler ozon ile reaksiyona girerek ozon tüketimine neden olabilecek trafik ve endüstri gibi kirlenme kaynaklarına uzak noktalardır. Kimyasal reaksiyonlarla ozonun emisyonlar yoluyla üretilebildiği kırsal kesim atmosferinde ozon daha uzun sürelerde kalabilmektedir. Bu konuda yapılan çalışmalardan kirlenmelerin kent merkezlerinden ve endüstri bölgelerinden çeşitli meteorolojik faktörler ve hava hareketleri ile kırsal bölgelere taşınmakta olduğu ve bu bölgelerde fotokimyasal reaksiyonlar ile ozon oluşturduğu bilinmektedir (Saborit ve Cano, 2008).

Şekil 5 SO<sub>2</sub>'nin havza genelindeki mekansal dağılımını göstermektedir. Şekil 5 incelendiğinde SO<sub>2</sub>'nin kış aylarında yaz aylarından daha yüksek değerlere sahip olduğu görülmektedir. Havza-Edirne çevresi ile Hayrabolu dikkati çekmektedir. Hayrabolu çevresinde kışın yıllık ortalama SO<sub>2</sub> konsantrasyonu 20 µg/m<sup>3</sup> limit değerinin üzerindedir (European Union Framework Directive on Air Quality Assessment and Management (1996/62/EC)). Yaz aylarında ise beklenildiği gibi düşük ölçüldüğü ve endüstriyel bir bölge olan Çorlu-Çerkezköy çevresinde 10 µg/m<sup>2</sup>'nin üzerine çıktığı görülmektedir. Hatta Kış aylarında ise Çerkezköy'deki bazı istasyonlarda sınır değer (20 µg/m<sup>3</sup>) üzerine çıktığı tespit edilmiştir. SO<sub>2</sub> kent atmosferlerinde genellikle kış mevsiminde evsel ısıtma amacıyla kömür tüketiminden kaynaklanmaktadır. Yaz aylarında ısınma ihtiyacının olmaması nedeniyle SO<sub>2</sub> konsantrasyonları düşük bulunmuştur. Ancak, sanayi ve dizel araçlar da atmosfere SO<sub>2</sub> salımı yapabilmektedir.



Şekil 5. Ergene havzasında yaz ve kış mevsiminde SO<sub>2</sub> dağılışı.

#### 4. SONUÇ VE TARTIŞMA

Bu çalışmada Ergene havzası genelinde hava kirliliğinin nasıl etkilediğine bakılmıştır. Bu anlamda havza genelinde sıcak bölgeler dikkati çekmektedir. Genel olarak incelendiğinde Çerkezköy- Tekirdağ çevresi ve Havza-Edirne çevresi kirleticilerin sıcak bölge oluşturduğu alanlardır. Bunlardan biri yukarı diğeri ise orta havzadadır. Aşağı havza olan Enez çevresi ise hava kirliliği açısından temiz sayılmaktadır. Hava kirliliğinin çevre açısından oluşturduğu riskler dikkate alındığında üst havzada kirleticiler kaynakların sanayileşme ve kentleşmeye bağlı yoğunlaşmış olması aşağı havza açısından risk oluşturmaktadır. Çünkü sadece bölgesel insan sağlığı açısından bu bölge sağlıklı bir bölge olarak adlandırılabilir gibi bitki yaşamı açısından da tehlike oluşturabileceği düşünülmektedir. Nitekim, 35 ppb'den yüksek SO<sub>2</sub> konsantrasyonlarının fasulyede net fotosentezi önemli ölçüde sınırlandırdığı (Lendzian ve Unsworth, 1981) dikkate alındığında, her ne kadar bu limit değeri ulaşmasa da; kış aylarında Hayrabolu yakınında oldukça yüksek olması tarımsal risk oluşturabileceği şeklinde değerlendirilebilir. Tabii ki havzada bu konuda yapılmış bir çalışma yoktur. Ancak tarım potansiyeli yüksek olan böyle bir havzada bu göz ardı edilmemelidir. O<sub>3</sub> havza içinde bitki sağlığını ve insan sağlığını etkileyici limit değerlere ulaşmamıştır. Ancak aynı durum NO<sub>x</sub> için söylenemez. Elkoca (2003) tarafından düşük azot oksit konsantrasyonlarının (0.05 ppm) etkisi altında uzun süre kalan bitkilerin büyüme hızlarında belirgin bir azalma olduğu, birkaç saat süreyle 2-10 ppm arasındaki konsantrasyona maruz kalmış bitkilerde şiddetli zararlar ortaya çıktığı vurgulanmıştır. Bulgulardan, havza içinde Tekirdağ-Çerkezköy çevresinde bu riskin çok yüksek



olduğu söylenilebilir. Bu çevrede hem insan hem de bitki sağlığı için olumsuz etkiye yol açacak NO<sub>x</sub> dağılışı gözlenmiştir. Genel olarak üst havzada sadece NO<sub>x</sub> in insan sağlığı değil bitki sağlığı için de riski dikkate alınarak önlemler alınmalıdır.

## TEŞEKKÜR

Bu çalışma, Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK Proje No. 114Y576) tarafından desteklenmiştir.

## KAYNAKLAR

- Alberini, A., Krupnick, A., 1998. Air quality and episodes of acute respiratory illness in Taiwan Cities: evidence from survey data. *Journal of Urban Economics* 44, 68–92.
- Anderson, P.D., Houppis, J.L.J., Helms, J.A., Momen, B., 1997. Seasonal variation of gas-exchange and pigmentation in branches of three grafted clones of mature ponderosa pine exposed to ozone and acidic rain. *Environmental Pollution*, 97: 253-263.
- Anonim, 2009. 1/100 000 Ölçekli Trakya Alt Bölgesi Ergene Havzası Revizyon Çevre Düzeni Planı, TC Çevre ve Ormancılık Bakanlığı.
- Bender, J., Hertstein, U., Black, C.R., 1999. Growth and yield responses of spring wheat to increasing carbon dioxide, ozone and physiological stresses: a statistical analysis of ESPACE wheat results. *European J. Agron.*, 10 (3-4): 185-195.
- Brunekreef, B., Holgate, S.T., 2002. Air pollution and health. *The Lancet* 360 (9341), 1233-1242.
- Çepel, N., Dündar, M., Ertan, E., 1980. Samsun-Gelemen orman fidanlığında görülen duman zararları üzerine araştırmalar. İstanbul Üniv. *Orman Fak. Derg.*, A (30): 6-42.
- De Temmerman, L., Vandermeiren, K., Guns, M., 1992. Effects of air filtration on spring wheat grown in open-top field chambers at a rural site. I. Effect on growth, yield and dry matter partitioning. *Environmental Pollution*, 77 (1): 1-5.
- Elkoca, E. 2003. Hava Kirliliği ve Bitkiler Üzerindeki Etkileri, *Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Derg.* 34 (4), 367-374.
- Heagle, A. S., 1989. Ozone and crop yield. *Annu. Rev. Phytopathol.* 27, 397–423.
- Helander, M.L., Savolainen, J., Ahlholm, J., 1997. Effects of air pollution and other environmental factors on birch pollen allergens. *Allergy: European Journal of Allergy & Clinical Immunology* 52, 1207–1214.
- Grandjean, A., Fuhrer, J., 1989. Growth and leaf senescence in spring wheat (*Triticum aestivum*) grown at different ozone concentrations in open-top field chambers. *Physiol. Plant.*, 77, 389-394.

- Krupa, S.V., 1996. The Role of Atmospheric Chemistry in the Assessment of Crop Growth and Productivity. P. 35-74. In M. Yunus and M. Iqbal (eds.) Plant Response to Air Pollution. John Wiley and Sons, London,
- Krupa, S. V., Gruenhage, L., Jaeger, H.-J., Nosal, M., Manning, W. J., Legge, A. H., Hanewald, K., 1995. Ambient ozone (O<sub>3</sub>) and adverse crop response: A unified view of cause and effect. *Environ. Pollut.* 87, 119–126.
- Krupa, S.V., Manning, W.J., 1988. Atmospheric ozone: Formation and effects on vegetation. *Environmental Pollution*, 50 (1-2), 101-137.
- Lenzian, K.J., Unsworth, K.H., 1981. Ecophysiological Effects of Atmospheric Pollutants. P. 465-502. In O.L. Longe, P.S. Nobel, C.B. Osmond and H. Ziegler (eds.) Physiological Plant Ecology IV. Springer-Verlag Berlin, Heidelberg, New York.
- Martonen, T.B., Schroeter J.D., 2003. Risk assessment dosimetry model for inhaled particulate matter: I. Human subjects. *Toxicology Letters* 138, 119–132.
- Moshammer, H., Neuberger, M., 2003. The active surface of suspended particles as a predictor of lung function and pulmonary symptoms in Austrian school children. *Atmospheric Environment* 37, 1737–1744.
- Özkan, N., 1988. Asit yağmurları ve orman tahribatı. *Orman Müh. Derg.*, 2 (25): 22-25.
- Rebbeck, J., 1996. Chronic ozone effects on three northeastern hardwood species: growth and biomass. *Canadian J. Forest Research*, 26, 1788- 1798.
- Srivastava, H.S., Jolliffe, P.A., Runeckles, V.C., 1975. The influence of nitrogen supply during growth on the inhibition of gas exchange and visible damage to leaves by NO<sub>2</sub>. *Environmental Pollution*, 9 (1): 35-47.
- Tecer, L.H., 2009. A factor analysis study: Air pollution, meteorology, and hospital admissions for respiratory diseases, *Toxicological & Environmental Chemistry*, 91: 7, 1399-1411.
- Weber, J.A., Clark, C.S., Hogsett, W.E., 1993. Analysis of the relationships among O<sub>3</sub> uptake, conductance, and photosynthesis in needles of *Pinus ponderosa*. *Tree Physiology*, 13: 157-172.
- Williams, R., Creason, J., Zweidinger, R., Watts, R., Sheldon, L., Shy, C., 2000. Indoor, outdoor, and personal exposure monitoring of particulate air pollution: the Baltimore elderly epidemiology- exposure pilot study. *Atmospheric Environment* 34, 4193–420
- Wong, G.W.K., Ko, F.W.S., Lau, T.S., Li, S. T., Hui, D., Pang, S.W., Leung, R., Fok, T.F., Lai, C.K.W., 2000. Temporal relationship between air pollution and hospital admissions for asthmatic children in Hong Kong. *Clinical and Experimental Allergy* 31, 565-569.
- Wordley, J., Walters, S., Ayres, J., 1997. Short term variations in hospital admissions and mortality and particulate air pollution. *Occupational & Environmental Medicine* 54, 108–116.
- Yıldırım, Y., Doğu, G., Uysal, B.Z., Çulfaz, M., 1991. Hava Kirliliği ve Temiz Enerji. Yanma ve Hava Kirliliği I. Ulusal Sempozyumu, 10-12 Haziran 1991, Ankara.