

## BİR SANAYİ BÖLGESİNDE ZEYTİN AĞACI YAPRAKLARINDAKİ İZ ELEMENTLER YARDIMIYLA HAVA KİRLİLİĞİNİN İZLENMESİ

Yağmur Meltem AYDIN<sup>(\*)</sup>, Cansu YATKIN, Hasan ALTIOK,  
Melik KARA, Tolga ELBİR

Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Buca/İzmir

### ÖZET

Çalışmada, İzmir Kemalpaşa Organize Sanayi Bölgesi (KOSBİ) yakınlarında bulunan zeytin ağaçlarının yapraklarındaki iz elementler belirlenerek bölgedeki kirletici kaynakların izleri aranmıştır. Bu amaçla bölgede 36 farklı örnekleme noktası seçilmiş ve her örnekleme noktasında zeytin ağaçlarının yapraklarından örnekler toplanarak laboratuvara getirilmiştir. Laboratuvarda yapılan ekstrasyon işlemlerinden sonra örneklerin İndüktif Olarak Eşleşmiş Plazma Kütle Spektrometresi (ICP-MS) ile makro ve mikro element analizleri yapılmıştır. Çalışma kapsamında 35 farklı element (Ag, Al, As, B, Ba, Be, Bi, Ca, Cd, Ce, Co, Cr, Cu, Fe, K, La, Li, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, P, Pb, Rb, Sb, Se, Si, Sn, Sr, Tl, U, V, Zn, Zr) incelenmiştir. Çalışma sonunda, bölgede iz elementlerin seviyeleri ve her bir elemente ait konsantrasyonların mekansal dağılımı belirlenmiştir. Antropojenik iz element konsantrasyonlarının zeytin ağacı yapraklarındaki mekansal dağılımı, bu bölgelerdeki önemli kirletici kaynakların demir-çelik, kimya, boya, cam-seramik ve otomotiv endüstrisi gibi tesisler olabileceğini göstermiştir.

### ABSTRACT

In this study, air pollution was monitored using the concentrations of the trace elements on the leaves of the olive trees in İzmir Kemalpaşa Organizational Industrial Area (KOSBI). Leaves samples were collected from 36 different sampling sites. After the extraction processes in the laboratory, macro and micro elements on the samples were analyzed by Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometer (ICP-MS). Thirty-five different elements (Ag, Al, As, B, Ba, Be, Bi, Ca, Cd, Ce, Co, Cr, Cu, Fe, K, La, Li, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, P, Pb, Rb, Sb, Se, Si, Sn, Sr, Tl, U, V, Zn, Zr) were examined in the study. Concentrations and spatial distribution of these trace elements were determined in the region. Spatial distribution of the anthropogenic trace elements' concentrations on the leaves of olive trees show that there are major pollutant sources in the area such as iron-steel, chemistry, paint, glass-ceramics and automotive plants.

### ANAHTAR SÖZCÜKLER

Ağaç, İz Element, Hava Kalitesi İzleme, İzmir

\* meltem.aydin@ogr.deu.edu.tr

## 1. GİRİŞ

Dünya nüfusundaki artış, yaşam standartının yükselmesi, teknolojinin gelişmesine ve hızlı endüstrileşmeden dolayı son yıllarda çevre kirlenmesi önemli ölçüde artmıştır. Sanayi tesislerinden çevreye yayılan başta ağır metaller olmak üzere çok sayıda kirletici canlı yaşamını tehdit etmektedir (Goyer, 1991). Toprak, su, hava ve gıdaların kirlenmesine neden olan ağır metaller en tehlikeli kirleticilerden kabul edilmektedir. Bu kirleticilerin kaynakları; depremler, volkanik patlamalar, seller vb. gibi doğal kaynaklar (jeolojik kökeninden) ve endüstriyel, kentsel, tarımsal ve ulaşım gibi antropojenik (insan kaynaklı) faaliyetler olarak iki ana gruba ayrılmaktadır (Yıldız, 2004).

Çevreyi kirleten bütün unsurlar bitkilerde strese neden olur. Stres ise bitkilerin fizyolojisini etkiler, genetik yapılarını değiştirir, verimliliklerini kısıtlar ve ölümlerine yol açarak özellikle tarım sektöründe önemli ürün kayıpları meydana getirir (Munzuroğlu ve Zengin, 2004). Bitkiler için önemli stres kaynaklarından birisi hava kirliliğidir. Hava kirliliğinin yaşandığı bir bölgede ağır metaller toprak ve hava yolu ile bitkilere kolayca ulaşabilmektedir (Caselles vd., 2002).

Bitkilerin başta yaprakları olmak üzere diğer bileşenlerinde (gövde, dal, kabuk, kök, vb.) ağır metal konsantrasyonlarının belirlenmesi ile bir bölgedeki hava kirliliğinin izlenmesine yönelik çok sayıda çalışmaya literatürde rastlamak mümkündür (Bellis vd., 2005; Mandiwana vd., 2006; Al-Alawl vd., 2007; Berlizov vd., 2007; Doğan vd., 2007; Kuang vd., 2007a; Kuang vd., 2007b; Conkova ve Kubiznakova, 2008; Schelle vd., 2008). Hatta pek çok çalışmada özellikle kentsel bölgelerdeki hava kirliliğinin izlenmesinde bitkilerin bir pasif biyomonitör olarak başarı ile kullanıldığı görülmektedir (Angelov, 2008). Her ne kadar yüksek yapılı bitkiler ağır metal kirliliğinin belirlenmesinde liken ve karayosunlar kadar uygun olmasalar da kirliliğin yoğun olduğu endüstriyel alanlarda ve şehir merkezlerinde liken ve karayosunların fazla bulunmaması nedeniyle genellikle bitkiler tercih edilir.

Bu çalışmanın amacı, bir sanayi bölgesinde bitki yapraklarının bir pasif örnekleme ortamı olarak kullanılarak iz element seviyelerinin ve mekansal dağılımlarının belirlenmesi ve kirletici kaynakların araştırılmasıdır.

## 2. MATERYAL VE METOD

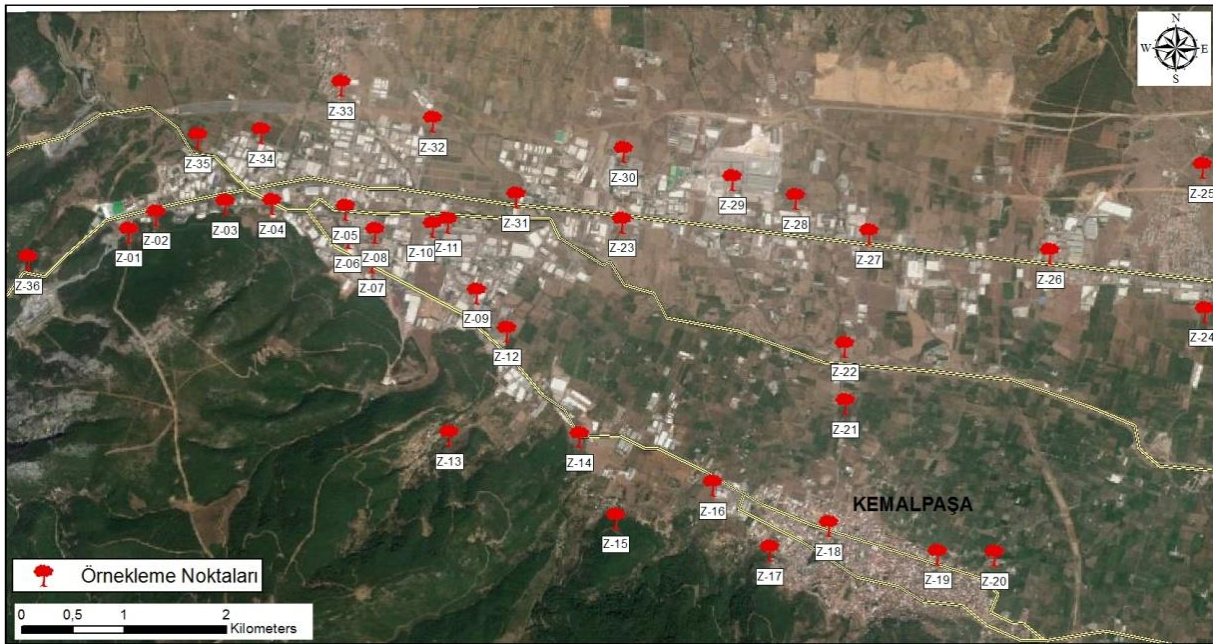
### 2.1. Çalışma alanı ve örnekleme yöntemi

İzmir ilinin doğusunda bulunan Kemalpaşa ilçesi Organize Sanayi Bölgesi 1300 hektar alanı ve 944 adet sanayi parseli ile İzmir'in en büyük organize sanayi bölgesidir. 944 sanayi parselinin 428 adedinde, 447 firma bulunmakta ve bu firmaların 341'i sınai üretim yapmakta, 106 firma ise hizmet ve ticaret sektöründe faaliyet göstermektedir (Invest in İzmir, 2015). Bölge, İzmir kent merkezine 29 km, İzmir Limanı'na 26 km ve Adnan Menderes Havaalanı'na 49 km uzaklıktadır. İzmir-Ankara Karayolu (E-96) da bu bölge içinden geçmektedir. Kemalpaşa Organize Sanayi Bölgesi (KOSBI)'ni Ulusal Demiryolu Hattı'na bağlayacak olan ek hattın yapımı ise tamamlanmak üzeredir.

Bölgede öne çıkan sanayi kolları; Serigrafi Baskı, Cam Mamülleri Sanayi, Geri Dönüşüm, Mobilya Sanayi, Ambalaj Sanayi, Madeni Eşya İmalat Sanayi, Ayakkabı Yan Sanayi, Orman Ürünleri Sanayi, Tütün ve Tütün Mamülleri Sanayi, Yem Sanayi, Demir Çelik Sanayi,

Elektrik Elektronik Sanayi, Kağıt Karton Sanayi, Gıda Sanayi, Tekstil Sanayi, Plastik Sanayi, Kimya Sanayi, Ziraî İlaç Sanayi, Mermer-Yapı Malzemeleri-Seramik Sanayi, Makine İmalatı Sanayi, Otomotiv Yan Sanayi şeklindedir. En yoğun bulunan sanayi türü Makine İmalatı Sanayi (83 Firma) olmak üzere, Demir-Çelik Sanayi (51 Firma), Mermer – Yapı Malzemeleri Keramik Sanayi (38 Firma), Kimya Sanayi (36 Firma), Gıda Sanayi (34 Firma), Otomotiv Yan Sanayi (33 Firma), Plastik Sanayi (31 Firma) birbirini izlemektedir (KOSBİ, 2015).

2015 yılı Nisan ayında gerçekleştirilen arazi çalışmasında KOSBİ’ni çevreleyen 36 örnekleme noktasında, her noktayı temsil edecek bir zeytin ağacından yaprak örnekleri alınmıştır (Şekil 1). Yaprak örnekleri bitkinin üst, orta ve alt bölgelerinden dal makası ile kesilerek toplanmıştır.



Şekil 1. Örnekleme noktalarının yerleşimi

## 2.2. Laboratuvar analizi

Örnekleme noktalarından alınan ve 4°C sıcaklıkta saklanan ağaç yaprağı örneklerinde Ag, Al, As, B, Ba, Be, Bi, Ca, Cd, Ce, Co, Cr, Cu, Fe, K, La, Li, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, P, Pb, Rb, Sb, Se, Si, Sn, Sr, Tl, U, V, Zn ve Zr elementlerinin analizleri yapılmıştır. Makro ve mikro element konsantrasyonlarının belirlenmesi için yaş yakma tüpünün içine 0,5 – 1,1 gr kuru numune tartılmıştır. Numuneler mikrodalga asit parçalama metodu yardımıyla parçalanmıştır. Parçalama işleminde tartılan örnek üzerine 10 mL konsantre HNO<sub>3</sub> (Nitrik Asit) ve 2,5 ml H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (Hidrojen Peroksit) eklenmiştir. Tüp kapatılmış ve mikrodalga fırın içine yerleştirilmiştir. 190°C’de 20 dk proses edilmiş ve oda sıcaklığına kadar soğutulduktan sonra deiyonize saf su ile 50 mL’ye tamamlanmıştır. İşlemden sonra numuneler 0,45 µm ortalama çaplı filtre kağıdı ile süzülerek steril 50 ml’lik falcon tüplerine aktarılmıştır. Numunelerin İndüktif Olarak Eşleşmiş Plazma Kütle Spektrometresi (ICP-MS) cihazında element analizleri tamamlanmıştır.

Homojen hale getirilmiş yaprak numunelerinin nem içeriği belirlenmiştir. Bu amaçla darası alınmış porselen kaplara yaprak örneklerinden eklenerek, örnek ağırlığı belirlenmiş ve etüvde

60°C’de 48 saat bekletilmiştir. Daha sonra desikatörde soğumaya alınan örnekler tekrar tartılarak ağırlıkları belirlenmiş, ilk ve son ağırlıklar arasındaki farklar kullanılarak nem içerikleri hesaplanmıştır.

### 3. SONUÇLAR

Bölgecivarındaki 36 farklı noktada zeytin ağaçlarından toplanan yaprak örneklerinde her bir örnekleme noktası için homojen hale getirilmiş yaprakların nem ve katı madde içeriği belirlenmiştir. Sonuçlar Tablo 1’de verilmektedir. Yaprakların bünyesindeki Ag, Al, As, B, Ba, Be, Bi, Ca, Cd, Ce, Co, Cr, Cu, Fe, K, La, Li, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, P, Pb, Rb, Sb, Se, Si, Sn, Sr, Tl, U, V, Zn ve Zr elementlerinin miktarları hesaplanmıştır (Tablo 2).

Bölgede en yüksek konsantrasyon değerine sahip Ca elementinin ortalama konsantrasyonu  $13774 \pm 6466$  mg/kg tespit edilmiştir. Bölgede tespit edilen minimum konsantrasyonlar ise Ag, Na ve Ni için ölçülmüş ve birçok noktada bu elementlerin konsantrasyonları limit değerinin altında tespit edilmiştir.

Bölgedeki iz element konsantrasyonları incelendiğinde antropojenik kökenli elementler (Fe, Zn, Pb, Si, Mn, vb.) sanayi bölgelerinde daha yüksek ölçülürken toprak kökenli element (Ca, K, Mg, Na, vb.) konsantrasyonları kirletici kaynaklardan uzak bölgeler olan kontrol noktaları ile fazla bir farklılık göstermemiştir. Bölgedeki demir-çelik üretiminden kaynaklandığı tahmin edilen demir, çinko ve kurşun gibi elementler ile fosil yakıt kaynaklı vanadyum ve nikel gibi elementlerin özellikle sanayi tesislerine yakın bölgelerdeki noktalarda yüksek ölçüldüğü ve kontrol bölgelerinde ölçülenlerden çok yüksek olduğu gözlenmiştir. Bu durum, çalışılan bölgelerde endüstriyel kaynakların bölge hava kalitesine bir katkısı olduğunu göstermektedir.

Bölgedeki zeytin ağaçlarının yapraklarında belirlenen iz element konsantrasyonlarının mekansal dağılımı incelenmiş ve bölgedeki endüstriyel faaliyetler ile olan ilişkileri araştırılmıştır. Şekil 2’de seçilmiş bazı iz element konsantrasyonlarının mekansal dağılımı görülmektedir.

Bölgede en yüksek konsantrasyona sahip element, toprak kökenli bir element olan kalsiyum (Ca)’dur. Kalsiyumu potasyum (K) elementi izlemektedir. Her iki elementin konsantrasyonu sırasıyla  $13774 \pm 6466$  mg/kg ve  $4973 \pm 1474$  mg/kg’dır. Bölgede en yüksek üçüncü konsantrasyona sahip element olan Silisyum (Si) cam-seramik sanayinin hammaddesi olarak bilinir ve bu çalışmada da bu sektörlerin bulunduğu bölgelerde yüksek konsantrasyonlara sahiptir. Yerkabuğunda en çok bulunan metal olan demir (Fe), çelik sanayi, otomotiv sektörü, boya endüstrisi ve inşaat gibi birçok alanda yoğun olarak kullanılmaktadır. Demirin bölgedeki mekansal dağılım haritasında kirlenmenin genellikle çelik sanayi ve boya endüstrilerinin olduğu bölgelerde yoğunlaştığı görülmektedir. Çalışma bölgesinde ölçülen ortalama demir birikim miktarı  $248 \pm 116$  mg/kg’dır. Uçak, kamyon, lokomotif, vagon ve çeşitli ev araçlarının yapımında gerekli olan paslanmaz çelik gereçlerin üretiminde büyük oranda kullanılan nikel (Ni), bölgede bulunan otomotiv sanayi, kimya sanayi, metal sanayi bölgeleri çevrelerinde yüksek konsantrasyonlarda görülmüştür. Kurşun (Pb) elementinin kaynağı olarak ise bölgedeki kimya sanayi ve metal sanayi görülmektedir. Mekansal dağılım haritası incelendiğinde yerleşim ve yol kenarlarındaki Pb konsantrasyonlarının sanayi bölgesindeki kadar yoğun olmadığı görülmektedir.

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

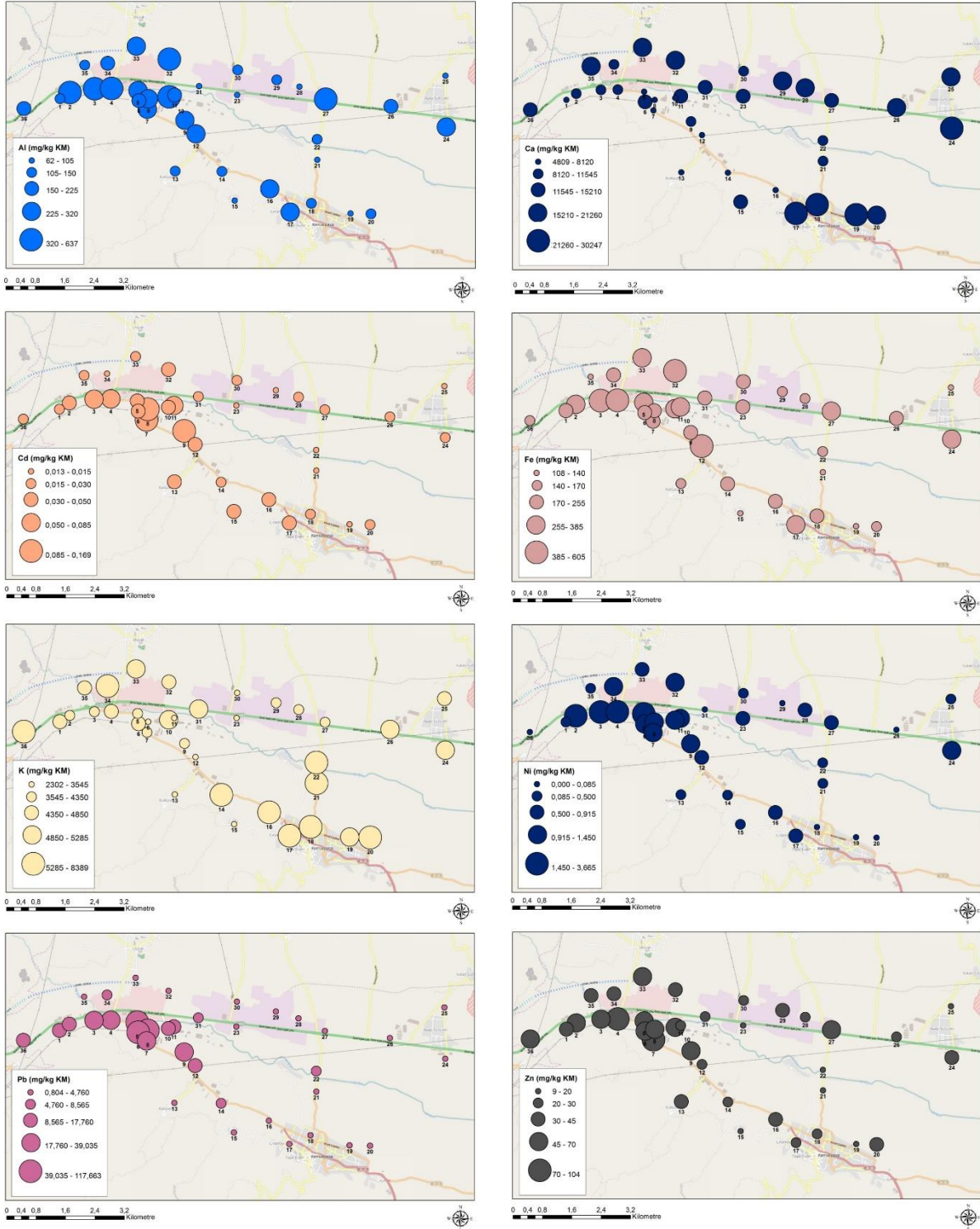
**Tablo 1.** Yaprak numunelerinin nem ve katı madde içeriği (%)

Örnekleme noktası	Nem içeriği (%)	Katı madde içeriği (%)
Z-01	45	55
Z-02	43	57
Z-03	50	50
Z-04	47	53
Z-05	46	54
Z-06	47	53
Z-07	44	56
Z-08	44	56
Z-09	45	55
Z-10	47	53
Z-11	43	57
Z-12	47	53
Z-13	41	59
Z-14	50	50
Z-15	43	57
Z-16	44	56
Z-17	44	56
Z-18	46	54
Z-19	43	57
Z-20	44	56
Z-21	46	54
Z-22	45	55
Z-23	41	59
Z-24	45	55
Z-25	42	58
Z-26	42	58
Z-27	45	55
Z-28	40	60
Z-29	42	58
Z-30	42	58
Z-31	47	53
Z-32	43	57
Z-33	44	56
Z-34	45	55
Z-35	45	55
Z-36	46	54

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

**Tablo 2.** Yaprak örneklerinde ölçülen element konsantrasyonları (mg/kg kuru madde)

Element	Ortalama±Std. Sapma	Ortanca	Maksimum-Minimum
Ca	13774 ± 6466	11894	30247 - 4809
K	4973 ± 1474	4725	8389 - 2302
Si	2691± 2720	1729	10069 - 60,4
Mg	999 ± 368	963	1789 - 322
P	996± 151	965	1298 - 736
Fe	248 ± 116	219	605 - 108
Al	221 ± 132	173	637 - 61,7
Na	58,8 ± 98,3	38,8	564 - 0,00
Mn	44,0 ± 13,5	44,2	70,4 - 23,3
Zn	37,2 ± 20,8	31,4	104 - 8,60
B	24,8 ± 19,8	13,7	71,2 - 9,98
Sr	24,7 ± 11,6	22,9	53,2 - 9,85
Pb	16,1 ± 27,1	4,53	118 - 0,80
Ba	15,0 ± 12,2	11,1	70,2 - 3,63
Cu	6,10 ± 4,21	5,16	24,5 - 2,64
Rb	2,67 ± 1,96	2,28	11,0 - 0,62
Cr	0,95 ± 0,64	0,81	2,65 - 0,17
Ni	0,85 ± 0,82	0,68	3,66 - 0,00
Zr	0,78 ± 0,59	0,59	2,57 - 0,10
As	0,56 ± 0,30	0,53	1,87 - 0,27
V	0,50 ± 0,27	0,41	1,28 - 0,18
Ce	0,28 ± 0,11	0,27	0,60 - 0,14
Sb	0,25 ± 0,73	0,07	4,44 - 0,00
Sn	0,19 ± 0,25	0,10	1,37 - 0,02
Li	0,19 ± 0,13	0,16	0,67 - 0,03
Co	0,17 ± 0,19	0,09	1,00 - 0,04
La	0,15 ± 0,06	0,14	0,32 - 0,07
Mo	0,11 ± 0,06	0,09	0,28 - 0,03
Se	0,05 ± 0,03	0,05	0,17 - 0,02
Cd	0,04 ± 0,04	0,03	0,17 - 0,01
U	0,03 ± 0,02	0,02	0,15 - 0,01
Tl	0,02 ± 0,01	0,01	0,04 - 0,00
Bi	0,01 ± 0,01	0,01	0,04 - 0,00
Ag	0,01 ± 0,01	0,01	0,04 - 0,00
Be	0,00 ± 0,00	0,00	0,01 - 0,00



Şekil 2. Kemalpaşa Organize Sanayi Bölgesi'nde iz element konsantrasyonlarının mekansal dağılımı

Antropojenik kaynaklı Alüminyum (Al) elementi boya-kimya sanayi, metal sanayi bölgelerinde yoğun olarak görülmektedir. Bölgede yoğunluk gösteren toprak kökenli elementler; Ca, K, Na, P, Ce, Se, As, Sr, Mn şeklindedir. Antropojenik kökenli elementlerin

ise metal, boya, cam-seramik, kimya ve otomotiv sanayi kaynaklı olduğu görülmektedir. Toprak kökenli Mg elementi yol kenarlarında yüksek konsantrasyon değerlerine sahip olduğundan yol tozu ve trafik kaynaklı olarak gözlenmektedir. Cam sanayinin olduğu bölgelerde Zr, La, Li, Rb, Si elementleri; bölgedeki kimya endüstrilerine yakın bölgelerde Pb, Ni, Ag, Cd, B, Al, U elementleri; seramik endüstrilerine yakın bölgelerde Si, Sb, Zr elementleri; boya endüstrilerine yakın bölgelerde Pb, Ag, Al, Rb elementleri; otomotiv endüstrilerine yakın bölgelerde Ni elementi; metal endüstrilerine yakın bölgelerde ise Pb, Ni, La, Mo, Tl, Si, Fe, Cd, Sb, Sn, Zn, Cr, Zr, Al, Be elementleri yoğun olarak görülmektedir. Elementlerin bölgedeki kaynaklarına göre gruplandırması Tablo 3’de gösterilmiştir.

**Tablo 3.**Elementlerin kaynaklarına göre gruplandırılması

Kirletici Kaynak	Elementler
Seramik Endüstrisi	Si, Sb, Zr,
Boya Endüstrisi	Pb, Ag, Al, Rb
Kimya Endüstrisi	Pb, Ni, Ag, Cd, B, Al, U
Yol tozu	Mg, V, Co, Bi, Cu, Ba
Otomotiv Endüstrisi	Ni
Metal Endüstrisi	Pb, Ni, La, Mo, Tl, Si, Fe, Cd, Sb, Sn, Zn, Cr, Zr, Al, Be
Cam endüstrisi	Zr, La, Li, Rb, Si
Toprak	Ca, K, Na, Se, Ce, As, Sr, P, Mn

#### 4. SONUÇLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ

Bu çalışmada, İzmir ili Kemalpaşa Organize Sanayi Bölgesi’nde hava kirliliğinin mekansal dağılımının ağaç yapraklarındaki iz elementler aracılığıyla izlenmesi amaçlanmıştır. Söz konusu bölgedeki tipik ağaç türü olan zeytin ağacı yapraklarında çeşitli makro ve mikro element miktarları belirlenmiştir.

Antropojenik iz element konsantrasyonlarının mekansal dağılımı, bu bölgedeki demir-çelik, kimya, boya, cam-seramik ve otomotiv sanayi tesislerinin önemli kaynaklar olabileceğini işaret etmektedir. Kirletici konsantrasyonları kaynaklardan uzaklaştıkça azalmış, en düşük değerler bu bölgelerden uzak kontrol noktalarında ölçülmüştür.

Sonuç olarak bu çalışma, bir sanayi bölgesindeki bitki örtüsünün bölgedeki hava kirliliğinden etkilenebileceğini göstermektedir. Söz konusu bölgede kirletici konsantrasyonlarının mekansal dağılımını belirleyebilmek için ağaç yapraklarının bir biyo-izleme aracı olarak kolaylıkla kullanılabilirliği görülmektedir.

#### KAYNAKLAR

Al-Alawl, M.M., Batarseh, M.I., Carreras, H., Alawi, M., Jiries, A., Charlesworth, S.M., 2007. "Aleppo pine bark as a blomonitor of atmospheric pollution in the arid environment of Jordan. *Clean-Soil Air Water* 35, 438-443.

Angelov G.B. 2008. Heavy metal pollution in the Boatin reserve (Bulgaria). *Turkish Journal of Botany* 32, 155-160.



Bellis, D.J., Satake, K., Kagawa, A., 2005. "Chronological trends in trace metals recorded by a tree bark pocket in Yakushima Island, Japan. *Journal of Environmental Monitoring* 7, 384-387.

Berlizov, A.N., Blum, O.B., Filby, R.H., Malyuk, I.A., Tryshyn, V.V., 2007. Testing applicability of black poplar (*Populus nigra* L.) bark to heavy metal air pollution monitoring in urban and industrial regions. *Science of the Total Environment*, 372, 693-706.

Caselles J, Colliga C., Zornoza P., 2002. Evaluation of trace element pollution from vehicle emissions in Petunia plants. *Water, Air, and Soil Pollution* 136, 1-9.

Catinon, M., Ayrault, S., Clocchiatti, R., Boudouma, O., Asta, J., Tissut, M., Ravanel, P., 2009. The anthropogenic atmospheric elements fraction: A new interpretation of elemental deposits on tree barks. *Atmospheric Environment* 43, 1124-1130.

Conkova, M., Kubiznakova, J., 2008. Lead isotope ratios in tree bark pockets: An indicator of past air pollution in the Czech Republic. *Science of the Total Environment* 404, 440-445.

Dogan, Y., Durkan, N., Baslar, S., 2007. Trace element pollution biomonitoring using the bark of *Pinus brutia* (Turkish red pine) in the Western Anatolian part of Turkey. *Trace Elements and Electrolytes* 24, 146-150.

Goyer, R.A., 1991. Toxic effects of metals. In: Caserett and Doull's Toxicology, in The Basic Science of Poisons, editörler Amdur M.O., Doull, J., Klaassen, C.D., Pergamon Press, New York, 1032 sayfa.

Invest in Izmir, 2015. Kemalpaşa Organize Sanayi Bölgesi (KOSBİ), <http://www.investinizmir.com/tr/html/1009/Kemalpaşa+Organize+Sanayi+Bölgesi+KOSBİ>, Erişim Tarihi: 3 Mayıs 2015.

İzmir Kemalpaşa Organize Sanayi Bölgesi (KOSBİ), 2015. <http://www.kosbi.org.tr/firmalar.html>, Erişim Tarihi: 3 Mayıs 2015.

Kuang, Y.W., Wen, D.Z., Zhou, G.Y., Liu, S.Z., 2007a. Distribution of elements in needles of *Pinus massoniana* (Lamb.) was uneven and affected by needle age. *Environmental Pollution* 145, 730-737.

Kuang, Y.W., Zhou, G.Y., Wen, D.Z., Liu, S.Z., 2007b. Heavy metals in bark of *Pinus massoniana* (Lamb.) as an indicator of atmospheric deposition near a smeltery at Qujiang, China, *Environmental Science and Pollution Research* 14, 270-275.

Mandiwana, K.L., Resane, T., Panichev, N., Ngobeni, P., 2006. The application of tree bark as bio-indicator for the assessment of Cr (VI) in air pollution. *Journal of Hazardous Materials* 137, 1241-1245.

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

Munzuroğlu F.K., Zengin Ö., 2004. Effects of lead (Pb<sup>++</sup>) and copper (Cu<sup>++</sup>) on the growth of root, shoot and leaf of bean (*Phaseolus vulgaris*L.) seedlings. *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi* 17, 1-10.

Schelle, E., Rawlins, B.G., Lark, R.M., Webster, R., Staton, I., McLeod, C.W., 2008. Mapping aerial metal deposition in metropolitan areas from tree bark: A case study in Sheffield, England. *Environmental Pollution* 155, 164-173.

Yıldız, N., 2004. Toprak ve Bitki Ekosistemindeki Ağır Metaller. Yüksek Lisans Ders Notlar, Erzurum Üniversitesi.