



Kahramanmaraş Sütçü İmam University

Journal of Engineering Sciences



Kahramanmaraş'ın Kuru Çökme Durumunun İncelenmesi

Examination of Dry Precipitation Condition of Kahramanmaraş

Sevcan TAŞDEMİR, Yakup CUCİ*

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü,
Kahramanmaraş, Türkiye.

*Sorumlu Yazar / Corresponding Author: Yakup CUCİ, cuci@ksu.edu.tr

ÖZET

Kahramanmaraş şehir merkezinde, bölgenin hava kirliliği düzeyini temsil edecek 15 örnekleme istasyonundan su yüzeyli toplayıcı kullanılarak kuru çökme örnekleri toplanmıştır. Mart 2017-Ağustos 2017 tarihleri arasında 6 ay boyunca toplanan numunelerde; pH, iletkenlik, TKM, AKM ve TÇKM analizleri yapılmıştır. Çökelen partikül maddelerin atmosferik kuru çökme akıları hesaplanmıştır. Sadece bir istasyondan alınan örneklerde ise 8 iz element (Ni, Al, Fe, Zn, Pb, Cr, Mn ve Ca) konsantrasyonları belirlenmiş ve kuru çökme akıları hesaplanmıştır. Ağustos ayı örneklemeinde, belirlenen 5 istasyondan alınan numunelerdeki partikül maddelerin boyutları SEM ile incelenmiştir. Örnekleme süresince ortalama pH 7.7, ortalama iletkenlik 239.69 $\mu\text{S/cm}$, ortalama TKM 263.14 mg/L, ortalama AKM 68.91 mg/L ve ortalama TÇKM ise 194.82 mg/L olarak tespit edilmiştir. İnceleme periyodu boyunca maksimum akı Mayıs ayında 8. istasyonda, minimum ise Ağustos ayında 14. istasyonda gözlemlenmiştir. İz elementlerin ortalama konsantrasyonları $\text{Ca } 22616,6 > \text{Fe } 6669,98 > \text{Al } 1264,74 > \text{Pb } 133,58 > \text{Zn } 84,22 > \text{Ni } 39,22 > \text{Cr } 22,66 > \text{Mn } 21,68 \mu\text{g/L}$ olarak tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Kuru Çökme, Partikül Madde, İz Element

ABSTRACT

In Kahramanmaraş city center, dry precipitation samples using water surface collector were collected from 15 sampling station representing air pollution level of region. PH, conductivity, TSM, SSM and TDS analyses were performed on samples collected throughout 6 months from March 2016 to August 2017. Atmospheric dry precipitation flux of precipitated particles was calculated. The concentrations and dry precipitation flux of 8 trace elements (Ni, Al, Fe, Zn, Pb, Cr, Mn and Ca) were calculated using the samples taken from only one station. In August sampling, particle dimensions were examined using SEM on the samples taken from specified 5 stations. During sampling process, the average PH, conductivity, TSM, SSM and TDS are determined as 7.7, 239.69 $\mu\text{S/cm}$, 263.14 mg/L, 68.91 mg/L and 194.82 mg/L, respectively. Through examining cycle, the maximum and minimum flux is observed in May on 8th station and in August on 14th station, respectively. The average concentrations of trace elements were determined as $\text{Ca } 22616,6 > \text{Fe } 6669,98 > \text{Al } 1264,74 > \text{Pb } 133,58 > \text{Zn } 84,22 > \text{Ni } 39,22 > \text{Cr } 22,66 > \text{Mn } 21,68 \mu\text{g/L}$.

Keywords: Dry Precipitation, Particle Substance, Trace Elements

1.GİRİŞ

Hava kirliliği son birkaç on yılda artmakta ve dünya genelinde önemli bir sağlık tehlikesi olmaya devam etmektedir (CITEPA, 2013; Querol ve ark., 2013). Hava kirliliği birikimini ölçebilmek için kuru ve ıslak çökme yöntemleri kullanılmaktadır (Scherbakova ve ark., 2012). Kuru çökme, kirli bir atmosferde yağış olmadığında kirlenmelerin yüzeye çökmesine giden tek aktarma yoludur (Roupsard ve ark., 2013). Kuru çökme partikül özellikleri, çökme yüzeyi ve meteorolojik özellikler gibi birçok faktöre bağlıdır. Bu nedenle, partikül maddeler kentsel çevrede homojen olarak birikim yapmazlar.

Kuru çökme, özellikle doğal yüzeyler üzerinde çalışılmıştır. Yapılan çalışmalar su yüzeyli örnekleycilerin hem kuru hem de toplam (bulk) çökme örneklemeye daha uygun olduğunu göstermektedir (Mehrazin ve ark., 2017). Partikül madde (PM), gazda asılı halde bulunan katı veya sıvı haldeki çok küçük parçacıklardır. Bazı parçacıklar volkanlardan, toz fırtınalarından, orman veya mera yangınlarından, canlı bitkilerden veya deniz serpintilerinden doğal biçimde oluşurlar (Ayako ve ark., 2013). Taşıtlarda, güç santrallerinde ve çeşitli endüstriyel proseslerde fosil yakıtların kullanılması gibi insan faaliyetleri de önemli miktarlarda partikül madde üretimine yol açar (Moaref ve ark., 2014). Partikül maddelerin olduğu gibi atmosferde gaz ve genellikle partikül formda bulunan iz elementlerin, gerek farklı doğal bileşenleri ve etkileşimleri, gerekse biyosfere girişiyle sonuçlanan toksik etkileri bulunmaktadır. Bunlar uzun mesafelere taşınabilir ve çökerek ekosistemlere zarar verebilirler (Stephane ve ark., 2016).

Literatürde çeşitli örnekleme yüzeyleri kullanılarak (su, kar, gres vb.) yapılmış çalışmalara rastlansa da Kahramanmaraş için yapılmış benzer bir çalışma bulunmamaktadır. Su yüzeyi kullanılarak, partikül madde miktarının belirlenmesi ve bazı atmosferik iz elementlerin varlığının kontrolü ile örnekleme prosedürü açısından bu çalışma, literatürde Kahramanmaraş'ta yapılan ilk çalışma olarak görülmektedir. Kahramanmaraş kent merkezinde, ili temsil etmesi bakımından belirlenen 15 istasyonda yapılan 6 aylık örneklemede hava kalitesinin

genel hatları ile ortaya konulması amacıyla hava kirliliği oluşturan parametrelerden biri olan partikül madde miktarı kuru çökeltme yöntemi ile belirlenmiş ve çöken partikül maddelerde iz elementlerin varlığı incelenmiştir.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Materyal

Örnekleyici kaba tozların tutulmasını sağlamak için distile su ve örnekleyici kapta bulunan suda alg üremesini engellemek için suya analitik saflıkta bakır sülfat (CuSO_4) eklenmiştir. İstasyonların konumları Garmin eTrex® 30 marka GPS cihazı ile belirlenmiştir. pH ölçümleri için Hanna pHep5 HI 98128 marka cep tipi pH metre, iletkenlik ölçümleri için Thermo Scientific marka kondüktometre kullanılmıştır. Bu ölçümler istasyonda yerinde ölçülmüştür. Diğer analizler ise KSÜ Çevre Mühendisliği Bölümü Laboratuvarı'nda bulunan KERN ABS 220-4N marka hassas terazi, etüv, desikatör, 45 µm gözenek çapına sahip mikrofiber filtre kâğıdı, Value marka vakum filtre seti kullanılarak yapılmıştır. ICP analizleri ÜSKİM Merkez Laboratuvarı'nda bulunan Perkin Elmer marka Optima 2100 DV model İndüktif Eşleştirilmiş Plazma-Optik Emisyon Spektrometresi (ICP-OES), SEM analizleri için ise yine ÜSKİM Merkez Laboratuvarı'nda bulunan ZEISS marka EVO LS10 model Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) kullanılmıştır.

2.2. Yöntem

2.2.1. Örneklemeye noktaları

Partikül maddeden ileri gelen kirlilik derecesinin ve bazı iz elementlerin tespit edilmesi amacıyla, Kahramanmaraş şehir merkezinde 15 örneklemeye noktası belirlenmiştir. İstasyonların GPS cihazı ile konumları belirlenerek haritada işaretlenmiştir (Şekil 1). Bu istasyonların konumlandırılacağı yerin seçimi yapılırken; şehir merkezini temsil edebilecek noktalar olmasına özen gösterilmiştir.



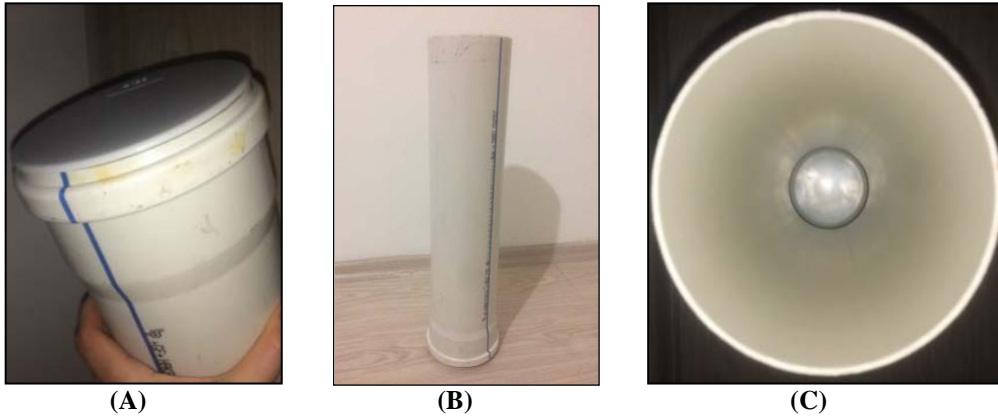
Şekil 1. Örneklemeye İstasyonları

- | | |
|--|---|
| 1. Kalaylıoğlu Gübre Tarım San. Tic. Firması (Köy Garajı), | 8. KASKİ Malzeme Deposu (Sanayi Kuyuları), |
| 2. Gülsüm Hanım Gümüşer Sosyal Tesisi (SGK karşısı), | 9. Doğukent Mahallesi (Sezai Karakoç Halk Kütüphanesi), |
| 3. İtfaiye Binası (Küçük Sanayi Sitesi karşısı), | 10. Kahramanmaraş Büyükşehir Belediyesi, |
| 4. Eyüp Sultan Mahallesi (özel konut), | 11. Fatih Mahallesi (Sütçü İmam Camii), |
| 5. BP Petrol Ofisi (Havaalanı Kavşağı), | 12. Necip Fazıl Kısakürek Kültür Merkezi (özel konut), |
| 6. Cesa Isımak Klima Firması (Gaziantep yolu), | 13. Piri Reis Mahallesi (özel konut), |
| 7. Erkenez Mahallesi (Şehit Çolak Durdu Halk Kütüphanesi), | 14. Tekerek Mahallesi (özel konut), |
| | 15. Kahramanmaraş Havaalanı. |

2.2.2. Örnekleyici ve örneklemeye periyodu

Örneklemeye ANSI/ASTM D 1739-70 metodu kapsamında yapılmıştır. Bu metot atmosferden çökelen partikül maddelerin sahada toplanması ve örnek maddenin ön karakterizasyonu için uygulanan prosedürü kapsamaktadır. Çalışma için örnekleyici (toplayıcı) polivinil klorür (PVC) malzemeden, numune alma ve/veya saklama kabı ise

cam malzemeden seçilmiştir. Su örneği almak amacıyla, ASTM D 1739-70 metodunda belirtildiği üzere 125 mm çapa, 500 mm yüksekliğe sahip 15 adet silindir şeklinde ve üzeri açık PVC su borusu kullanılmıştır (Şekil 2).



Şekil 2. Toz Toplayıcı (A: Alttan Görünüşü, B: Önden Görünüşü, C: Üstten Görünüşü)

Toplayıcının sızdırmaz olması gerektiğinden, seçilen 125/500 mm'lik PVC su borusunun altına sızdırmaz PVC contaya sahip bir körtapa yerleştirilmiştir. Toplayıcının hafif olması nedeni ile de devrilmesini önlemek amacıyla, çimentodan tutucu bir kalıp yapılmıştır (Şekil 3). Bu sayede örnekleyci ağırlaştırılarak, hareketi ve örnekleme dış etkenlerden olumsuz etkilenmesi engellenmiştir.



Şekil 3. Örnekleyciyi Sabitlemek İçin Tutucu (A: Üstten Görünüşü, B: Önden Görünüşü)

İstasyonlar, üzeri atmosfere açık ve birbirlerine yakın yüksekliklerdeki çatılar seçilmiştir. Toplayıcının üzerinin atmosfere açık olması, partikül maddelerin sadece yerçekimi etkisi ile çökmesini sağlamaktadır. İstasyonlar yersiz kirlilik kaynaklarından arındırılarak, binalar ve daha yüksek yapılardan (baca vb. gibi) etkilenmemesine özen gösterilmiştir. Buna örnek olarak Şekil 4'de istasyonlardan fotoğraflar görülmektedir.



Şekil 4. İstasyonlardan Örnek Görüntüleri

Örnekleme için, toplayıcının içine hava sıcaklığının normal seyrettiği dönemlerde 0,5 L, buharlaşmaya sebep olabilecek sıcaklıkların olduğu dönemlerde ise 1 L distile su konulmuştur. Sıcak havalarda alg üremesini engellemek amacıyla suyun içine 15 mg/L bakır sülfat (CuSO_4) eklenmiştir. Toplayıcı sıvı, çalışma periyodu boyunca iki haftalık rutin kontrollerle makul seviyede tutulmuştur. Uygulanan metoda göre bir örnekleme periyodu 30 gündür. Numunelerin toplanması ve toplayıcı sıvının yenilenmesi için ± 2 gün göz ardı edilmiştir.

2.2.3. Çalışmada yapılan analizler

Aylık olarak toplanan numunelerde pH, iletkenlik, askıda katı madde (AKM), toplam katı madde (TKM) ve toplam çözülmüş katı madde (TÇKM) analizleri yapılmıştır. Toplanan partikül maddelerin atmosferik kuru çökeltme akısı (F) hesaplanmıştır.

Sanayi bölgesinde bulunan 6. istasyondan 6 ay boyunca alınan numunelerde 8 ağır metalin (Ni, Al, Fe, Zn, Pb, Cr, Mn ve Ca) ICP ile analizleri yapılmıştır. Konsantrasyonları belirlenen iz elementlerin atmosferik kuru çökeltme akıları da hesaplanmıştır. seçilen 5 istasyondan (6., 9., 10., 14. ve 15.) alınan numunelerde, sadece Ağustos ayı örneklemeinde SEM analizleri yapılmıştır.

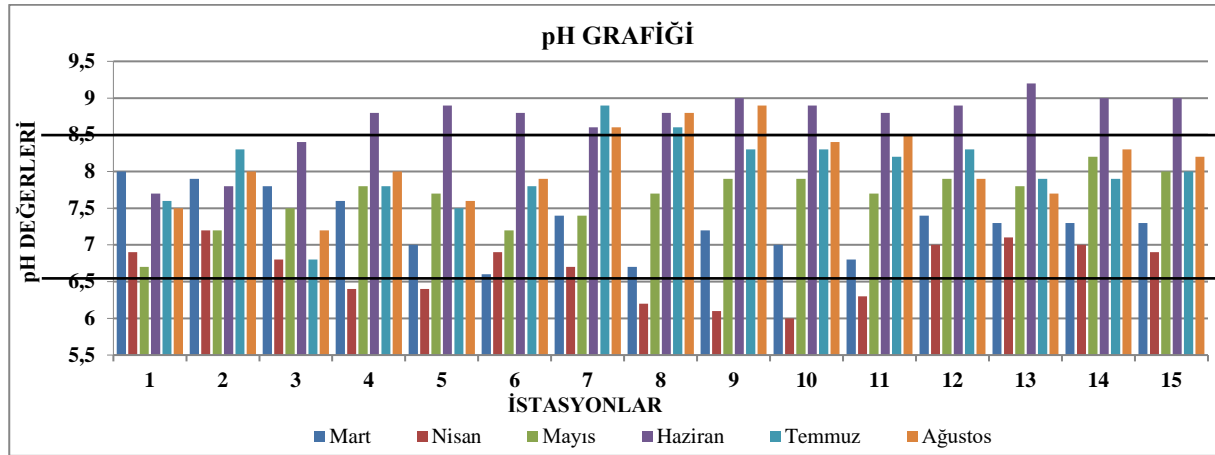
3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Kahramanmaraş şehir merkezinin kuru çökeltme durumunu incelemek üzere yapılan bu çalışmada her bir parametre için elde edilen veriler aşağıda verilmiştir.

3.1. pH

Yapılan pH ölçümlerinin sonucunda, ortalama pH değerinin 7.7 gibi nötral bir nitelik arz ettiği ve en yüksek pH değeri de 9.2 olduğu tespit edilmiştir. Maksimum pH, Haziran ayında ve 13. istasyonda (Piri Reis Mahallesi) gözlenmiştir. En düşük pH değeri 6.0 olarak kaydedilmiştir.

Minimum pH, Nisan ayında ve 10. istasyonda (Kahramanmaraş Büyükşehir Belediyesi) gözlenmiştir. Şekil 5'de pH'nın aylara ve istasyonlara göre değişim grafiği bulunmaktadır.



Şekil 5. Aylara ve Örnekleme İstasyonlarına Göre pH Değişim Grafiği

Optimum pH aralığı 6.5 ve 8.5'tir. Nisan ayında 8., 9., 10. ve 11. istasyonlar sırasıyla 6.2, 6.1, 6.0 ve 6.3 pH değerleri ile hafif asidik karakter sergileyerek bu aralığın altında kalmıştır.

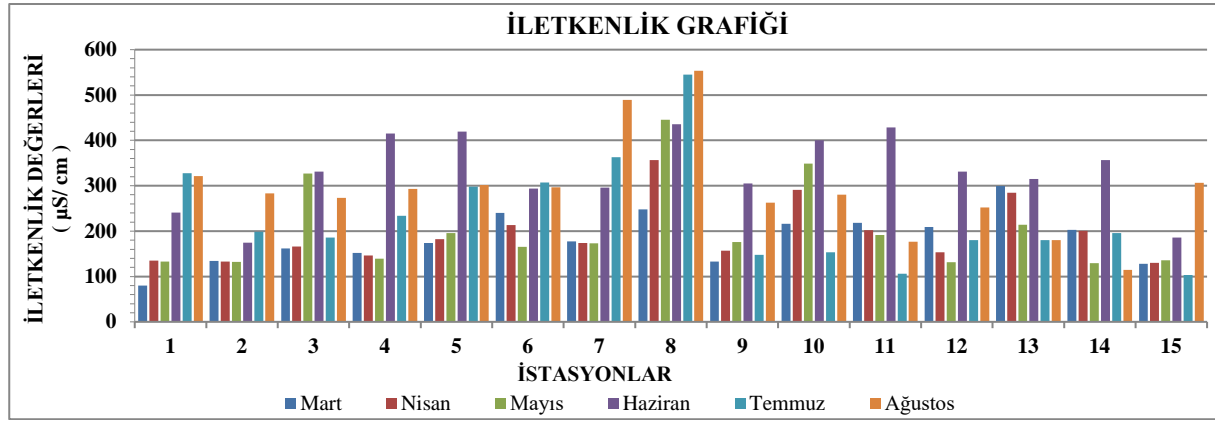
Doğal yağmur suyunun pH'ı, atmosferdeki CO₂'den oluşan karbonik asit (H₂CO₃)'in yağış sularında çözünmesinden dolayı 5.6'dır. Nisan ayındaki örneklemeinde pH değerleri, doğal yağmur suyunun pH seviyesine kısmen daha yakındır. Minimum pH değerinin Nisan ayında olması, numunelerin Nisan yağmurundan etkilenmiş olması ile açıklanabilir.

Haziran ayında 4. istasyondan 15. istasyona kadar pH değerleri optimum pH aralığının üzerine çıkarak bazik karakter sergilemiştir. Ağustos ayı örneklemeinde de 7., 8., ve 9. istasyonlar sırasıyla 8.6, 8.8, ve 8.9 pH değerleri ile bazik sonuçlar göstermiştir. Sıcaklık arttıkça iyonlaşma arttığından pH, sıcaklık artışından etkilenerek yükselir. pH değerlerinin artışı sıcak aylarda iyonlaşmanın artması ile açıklanabilir.

3.2. İletkenlik

Yapılan iletkenlik ölçümleri sonucunda, ortalama iletkenlik değerinin 239.69 µS/cm olduğu tespit edilmiştir. Maksimum elektriksel iletkenlik değeri 553.4 µS/cm'dir. Bu değer Ağustos ayında ve 8. istasyonda (KASKİ Malzeme Deposu) gözlenmiştir.

Minimum elektriksel iletkenlik değeri ise 80.16 µS/cm'dir. Bu değer Mart ayında ve 1. istasyonda (Köy Garajı Civarı) gözlenmiştir. Şekil 6'da iletkenliğin aylara ve istasyonlara göre değişim grafiği bulunmaktadır.



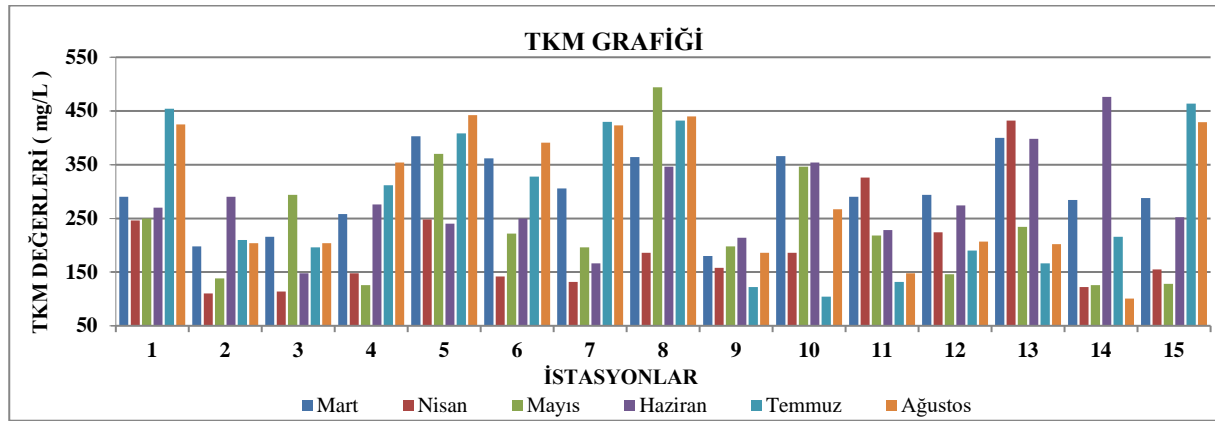
Şekil 6. Aylara ve Örnekleme İstasyonlarına Göre İletkenlik Değişim Grafiği

Sıcaklık arttıkça elektrik iletkenlik azalır. Fakat yaz aylarında yağış ve rüzgâr daha az olduğundan çökeltme daha kolay olmaktadır. Çökeltme ile beraber atmosferde asılı olarak duran çeşitli toz ve parçacıklar, beraberinde çeşitli tuz ve mineralleri de bünyelerine alarak çökeltirler. Çöktükleri alan bu çalışmada su olduğundan suda bu mineral ve tuzlar eriyerek çözülmüş madde miktarı arttırmaktadır. İletkenlik çözülmüş madde ile ilişkilidir. Çözülmüş madde miktarı arttıkça iletkenlik de artar. Bu sebeple çökeltmenin diğer aylara göre daha fazla olduğu Haziran, Temmuz ve Ağustos aylarında, iletkenlik değeri Mart, Nisan ve Mayıs aylarındaki değerlere göre daha yüksektir. Kaynak sularının veya işlem görmüş kaynak sularının iletkenliği 650 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 'dir.

Çalışma sonucunda görülmektedir ki maksimum değer bile bu aralığa girmemektedir ve herhangi bir kritik durum söz konusu değildir.

3.3. TKM

Yapılan analizler sonucunda, ortalama TKM değerinin 263.14 mg/L olduğu tespit edilmiştir. Maksimum TKM değeri (494 mg/L), Mayıs ayında ve 8. istasyonda (KASKİ Malzeme Deposu), minimum (101 mg/L) 14. istasyonda (Tekerek Mahallesi) Ağustos ayında gözlenmiştir. Şekil 7'de TKM'nin aylara ve istasyonlara göre değişim grafiği bulunmaktadır.

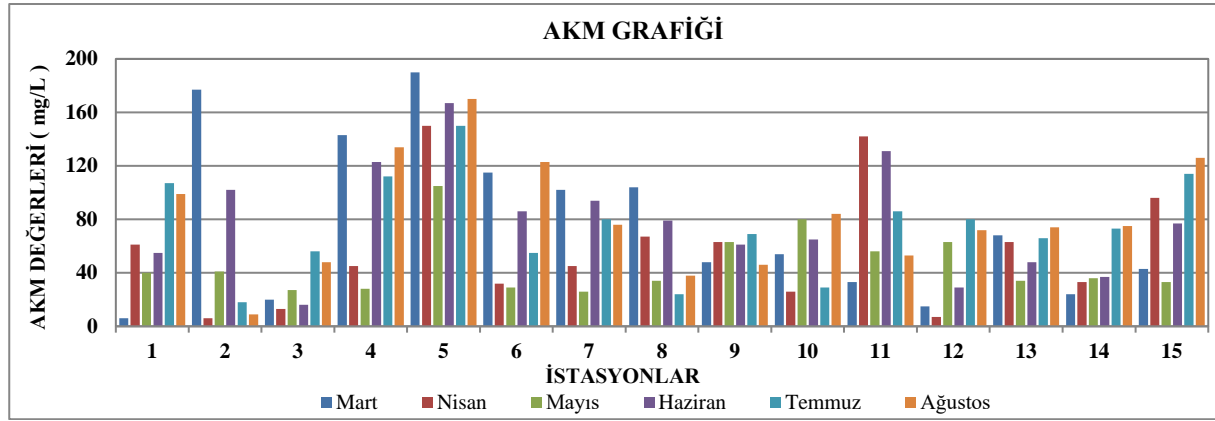


Şekil 7. Aylara ve Örnekleme İstasyonlarına Göre TKM Değişim Grafiği

Maksimum TKM Mayıs ayında ve 8. istasyonda (KASKİ Malzeme Deposu) gözlenmiştir. 8. istasyon kırsal alanda bulunmaktadır. Bu bölgenin sanayi bölgesine yakın olması ve toprak taşıma, kazı vb. aktiviteler ile oluşan tozun çökmesi sonucunda TKM değerini etkilemiş olabilir veya oluşan kirlilik bu bölgeye taşınarak daha kolay çökmüş olabilir. Minimum TKM değerinin gözlemlendiği Tekerek Mahallesi, kentsel yerleşim alanıdır fakat istasyonun konumlandırıldığı bölgede trafik yoğunluğu az olması ve sanayi bölgesinden uzak olması, TKM değerinin düşük olmasını açıklamaktadır.

3.4. AKM

Yapılan analizler sonucunda, ortalama AKM değerinin 68.91 mg/L olduğu tespit edilmiştir. Maksimum AKM değeri (190 mg/L), Mart ayında ve 5. istasyonda (Havaalanı Kavşağı), minimum (6 mg/L) ise 1. istasyonda (Köy Garajı Civarı) Mart ayında ve 2. istasyonda (Gülsüm Hanım Gümüşer Sosyal Tesisi) Nisan ayında olduğu gözlemlenmiştir. Şekil 8'de AKM'nin aylara ve istasyonlara göre değişim grafiği bulunmaktadır.



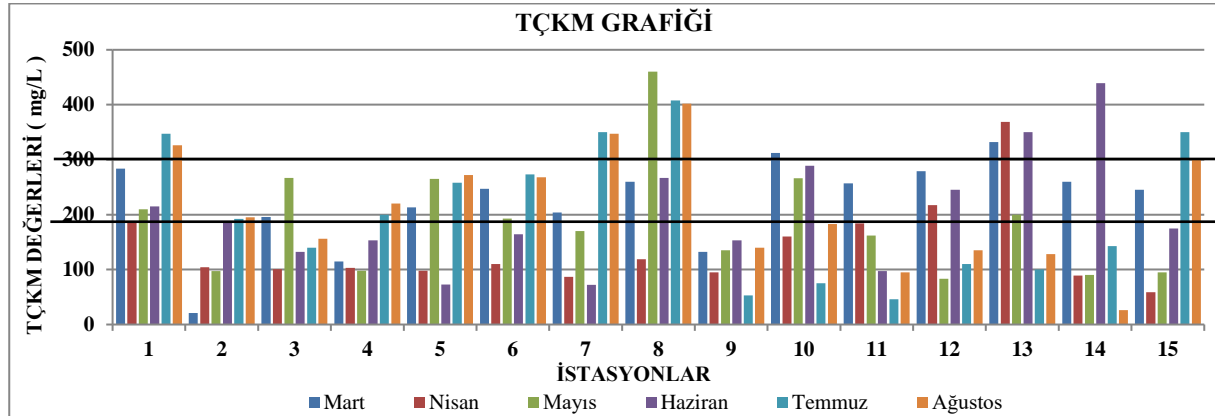
Şekil 8. Aylara ve Örnekleme İstasyonlarına Göre AKM Değişim Grafiği

Antropojenik kaynaklı oluşan partiküller, ince ve kompleks yapıdadırlar. AKM kendi kendine çökemeyen ve daha ince yapıda olan katı maddeleri tanımlamaktadır. O halde, 5. istasyonda (Havaalanı Kavşağı) her ay AKM değerinin yüksek çıkması, bu istasyonun antropojenik kaynaklı kirleticilerin oluşabileceği sanayi tesislerine yakınlığı ve trafikin de yoğun olduğu bir bölgede olması ile açıklanabilir.

3. istasyonun (İtfaiye Binası- Küçük Sanayi Sitesi Karşısı), 6 ay boyunca ortalama AKM (68.91 mg/L) değerinin altında kalarak diğer tüm istasyonlara göre en iyi durumda olduğu Şekil 8'de görülmektedir.

3.5. TÇKM

Yapılan analizler sonucunda, ortalama TÇKM değerinin 194.82 mg/L olduğu tespit edilmiştir. Maksimum TÇKM değeri (460 mg/L) Mayıs ayında ve 8. istasyonda (KASKİ Malzeme Deposu), minimum değer (21 mg/L) ise Mart ayında 2. istasyonda (Gülsüm Hanım Gümüşer Sosyal Tesisi) tespit edilmiştir. Şekil 9'da TÇKM'nin aylara ve istasyonlara göre değişim grafiği bulunmaktadır.

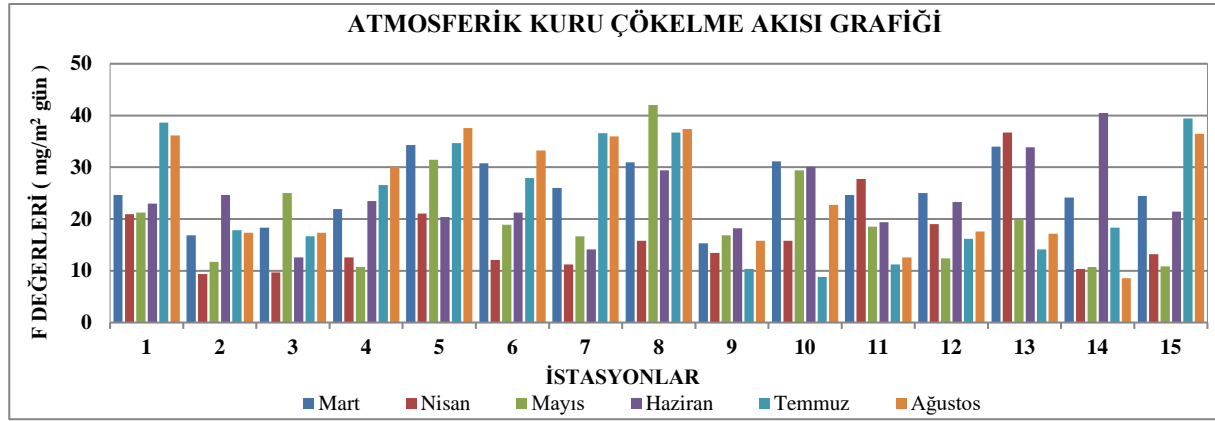


Şekil 9. Aylara ve Örnekleme İstasyonlarına Göre TÇKM Değişim Grafiği

TÇKM değerinin 180-300 mg/L aralığında olduğu durumlarda suyun sertliği 320-420 mg CaCO₃/L olur ve bu aralıklarda su, çok sert su (4. sınıf içilemez su) sınıfına girmektedir. Şekil 9'da görüldüğü üzere genel olarak TÇKM değeri bu aralığın altında kalırken genellikle Temmuz ve Ağustos aylarında TÇKM değeri aralığın üzerindedir. Sıcaklık arttıkça iyonlaşma da arttığından, suyun daha sert hale gelmesini ve TÇKM değerinin bu aylarda TÇKM değerinin daha yüksek olmasını sıcaklığın artışı ile açıklamak mümkündür.

3.6. Atmosferik Kuru Çökme Akısı (F)

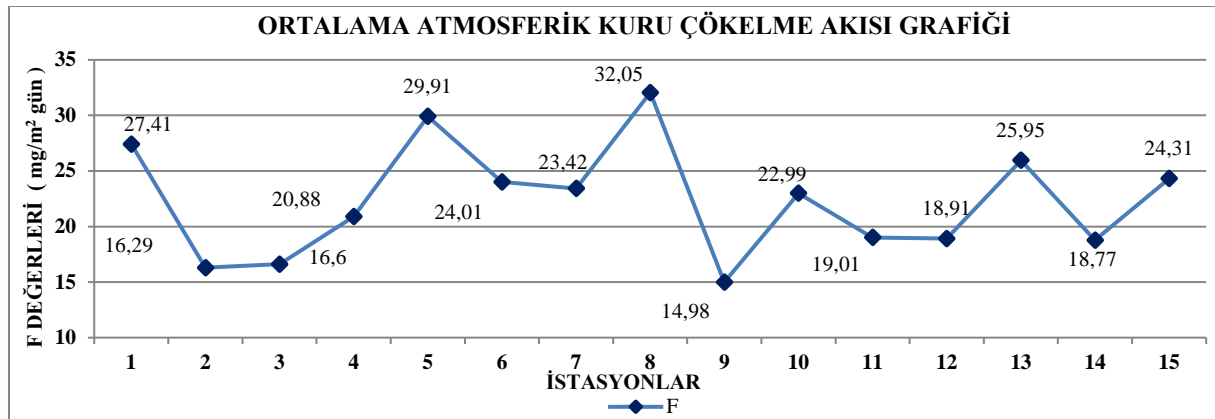
Yapılan analiz sonucunda hesaplanan F değerlerinin 6 aylık ortalaması 22.37 mg/m².gün olarak hesaplanmıştır. Maksimum F değeri (42 mg/m².gün), Mayıs ayında ve 8. istasyonda (KASKİ Malzeme Deposu), minimum F değeri (8.58 mg/m².gün) ise Ağustos ayında ve 14. istasyonda (Tekerek Mahallesi) tespit edilmiştir. Şekil 10'da atmosferik kuru çökme akısının istasyonlara ve aylara göre değişimi sunulmuştur.



Şekil 10. Aylara ve Örnekleme İstasyonlarına Göre F Değişim Grafiği

Belirlenen istasyonlar içinde, günde en fazla kirlenen 8. istasyon KASKİ Malzeme Deposu'nun bulunduğu sanayi kuyuları bölgesidir. Bu bölge sanayiden kaynaklanan endüstriyel kirliliğin etkisi altında kalan bir bölge olduğu için maksimum akı 8. istasyonda görülmüştür. Günde en az kirlenen istasyon Tekerek Mahallesi'nde bulunan istasyondur. Bu istasyonun konumlandırıldığı yer trafiğin yoğun olmadığı yeni yerleşim alanlarının kurulduğu bir yerdir. Bu istasyonun trafik yoğunluğunun az ve sanayi bölgesine uzak bir bölge olmasından dolayı atmosferik kuru çökeltme akısı bu istasyonda minimum değer göstermiştir.

Toplam F değerleri incelendiğinde en çok çökelmenin olduğu aydan en aza doğru; Mart, Ağustos, Haziran, Temmuz, Mayıs ve Nisan olarak sıralamak mümkündür. İstasyonlara göre 6 aylık ortalama atmosferik kuru çökeltme akısı değişimi Şekil 11'de sunulmuştur.



Şekil 11. İstasyonlara Göre Ortalama Atmosferik Kuru Çökeltme Akısı Grafiği

Şekil 11'e göre 6 ay boyunca çökelmenin maksimum olduğu (en kirlili) bölgeden, çökelmenin minimum olduğu (en temiz) bölgeye doğru istasyonları; 8., 5., 1., 13., 15., 6., 7., 10., 4., 11., 12., 14., 3., 2., ve 9. istasyon olarak sıralamak mümkündür. En çok kirlenen istasyon KASKİ Malzeme Deposu, en az kirlenen istasyon ise Doğukent Mahallesi'dir. KASKİ Malzeme Deposu'nun sanayiden kaynaklanan endüstriyel kirliliğin etkisi altında kaldığı ve bu sebeple akının bu bölgede maksimum olduğu düşünülmektedir. Doğukent Mahallesi, trafik yoğunluğunun az olduğu, şehir merkezine ve sanayi bölgesine daha uzak yarı kentsel bir yerleşim alanıdır. Bu istasyon sayılan etkenlere maruz kalmadığından akının minimum olduğu düşünülmektedir.

3.7. ICP Analizleri

Toplanan numunelerde 8 elementin (Ni, Al, Fe, Zn, Pb, Cr, Mn ve Ca) ICP ile analizleri yapılmıştır. Analizler sonucunda metallerin konsantrasyonları $\mu\text{g/L}$ cinsinden bulunmuştur (Çizelge 1). Mart ayında Mangan (Mn) yerine Kobalt (Co), Kalsiyum (Ca) yerine Kadmiyum (Cd) analiz edilmiştir (Co ve Cd = 0 $\mu\text{g/L}$).

Genellikle element konsantrasyonları Ağustos ayında maksimum, Haziran ayında minimum olarak tespit edilmiştir. Çizelge 1'de görüldüğü üzere hem doğal hem de antropojenik kaynaklı olduğu tahmin edilen elementler (Al, Fe ve Ca) belirgin bir şekilde antropojenik elementlerden (Cr, Ni, Mn, Pb ve Zn) daha yüksek değerlere sahiptir.

Çizelge 1. İz Elementlerin Konsantrasyonlarının Aylara Göre Değişimi ($\mu\text{g/L}$)

Aylar İz Elementler	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos
Ni	6	5	66	0,15	1,2	157
Al	342	293	3220	1418	0,46	2315
Fe	608	12520	3057	1,69	3,2	23830
Zn	60	52	164	2,03	3,5	224
Pb	16	84	63	0,19	2,3	636
Cr	1	0	14	12	38	71
Mn	-	21	67	0,28	0,15	20
Ca	-	13000	43810	843	22730	32700

Ni içeren partikül maddelerin fosil yakıtların yakılmasından antropojenik sebeplerle atmosferde bulunduğu inanılır. Sağlık Bakanlığı'nca zehirli maddeler sınıflanmasına yer alan nikelin içme sularında izin verilebilen üst sınır değeri ise $20000 \mu\text{g/L}$ 'dir (Asit Yağmurları ve Hava Kirliliği Değerlendirme Raporu, 2006). Ağustos ayı haricindeki diğer aylarda Ni birikimi oldukça düşüktür.

Hem doğal hem de antropojenik kaynaklı olabilen Al elementi toprak erozyonu, kaya tozları ve kömür yanması sonucu oluşur. Sağlık Bakanlığı'nın içme suyu ve doğal maden sularında $200 \mu\text{g/L}$ 'lik sınır değeri (Asit Yağmurları ve Hava Kirliliği Değerlendirme Raporu, 2006) dikkate alındığında analiz sonuçlarına göre konsantrasyon değerleri Temmuz ayı hariç oldukça yüksek bulunmuştur.

Fe toprak kaynaklı karakteristik elementlerdendir. Odun yanmasıyla oluşan dumanda ve taşıt emisyonlarında sıklıkla bulunan elementler arasındadır. İçme sularındaki üst sınır değeri $300 \mu\text{g/L}$ 'dir (Asit Yağmurları ve Hava Kirliliği Değerlendirme Raporu, 2006). Ancak toprağa ve atmosfere karışan toz taneciklerinde yoğun miktarda demir bulunabilir. Atmosferde Fe kaynağı hem doğal hem de antropojenik olduğundan, analizler sonucunda da genellikle yüksek konsantrasyonlar göstermiştir.

Zn; motorlu taşıtlar, yakma faaliyetleri (kömür, çöp, biyokütle, atık yağ vs.), ve maden eritilmesi gibi antropojenik kaynaklardan ince partikül boyutunda, asfaltlı ve asfaltsız yollardan inşaat aktivitelerinden, doğal ve tarımsal topraklardan ise kaba partikül boyutunda oluşmaktadır. Sağlık Bakanlığı istenmeyen maddeler sınıflamasında belirttiği çinkonun içme sularındaki üst sınır değerini $5000 \mu\text{g/L}$ olarak belirlenmiştir (Asit Yağmurları ve Hava Kirliliği Değerlendirme Raporu, 2006). Zn analizler sonucunda düşük konsantrasyonlar göstermiştir.

Biyosfere insan faaliyetlerine bağlı olarak önemli oranda yayılan kurşun ve kurşun bileşikleri çok toksikdir. Benzinli taşıtlardan ve baca gazı arıtma tesisi olmayan kurşun üretimi ve işleme, hurda akü geri kazanım tesisleri, termik santral, hurda demir-çelik, sanayi bacalarından atmosfere atılan çıplak gözle görülmeyen çapları $2,5 \mu\text{m}$ 'den küçük mikro partiküller oluştururlar. Pb'nin içme suları için Sağlık Bakanlığı tarafından izin verilebilir üst sınır değeri $10000 \mu\text{g/L}$ 'dir (Asit Yağmurları ve Hava Kirliliği Değerlendirme Raporu, 2006). Kurşun içme suları için zehirli maddeler sınıfında yer almaktadır. Pb analizler sonucunda düşük konsantrasyonlar göstermiştir.

Cr, fosil yakıtların yakılmasından ve araç fren balatalarından dolayı oluşur. Krom bileşiklerinden Cr (III) ya da Cr (VI) formundan biri boya pigmenti üretiminde, deri ve ahşap koruma ve tekstil sanayinde kullanılır. İçme sularında zehirli maddeler sınıflandırılmasında yer alan kromun izin verilebilir üst sınır değeri $50000 \mu\text{g/L}$ olarak bilinmektedir (Asit Yağmurları ve Hava Kirliliği Değerlendirme Raporu, 2006). Cr analizler sonucunda düşük konsantrasyonlar göstermiştir.

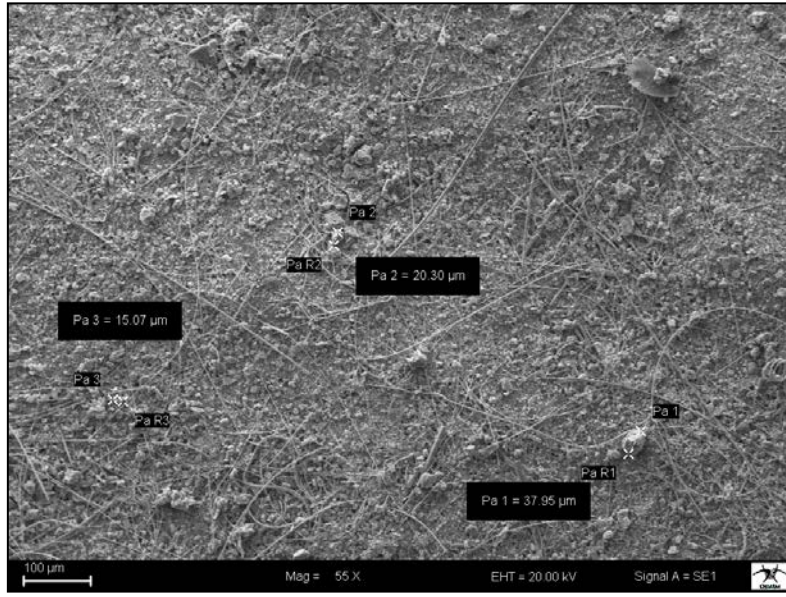
İçme sularında istenmeyen maddeler sınıflandırılmasında yer alan manganın izin verilebilir üst sınır değeri $50 \mu\text{g/L}$ olarak bilinmektedir (Asit Yağmurları ve Hava Kirliliği Değerlendirme Raporu, 2006). Mn, fosil yakıtların yakılmasından benzin katkı maddelerinden, metalürjik proseslerden ve metal parçaların sürtünmesi sonucu oluşarak atmosfere salınır. Analizler sonucunda Mn Mayıs ayı hariç düşük konsantrasyonlar göstermiştir.

Ca, doğal kaynaklı bir elementtir. Ca^{2+} çeşitli kaynaklardan atmosfere giriş yaparak, yağışlardaki asitleşmeyi nötralize eden iyonlardandır ve genel olarak toprak kaynaklıdır. Kalsiyum içme sularında izin verilebilir üst sınır değeri ise $100000 \mu\text{g/L}$ 'dir (Asit Yağmurları ve Hava Kirliliği Değerlendirme Raporu, 2006). Ca analizler sonucunda düşük konsantrasyonlar göstermiştir.

3.8. SEM Analizleri

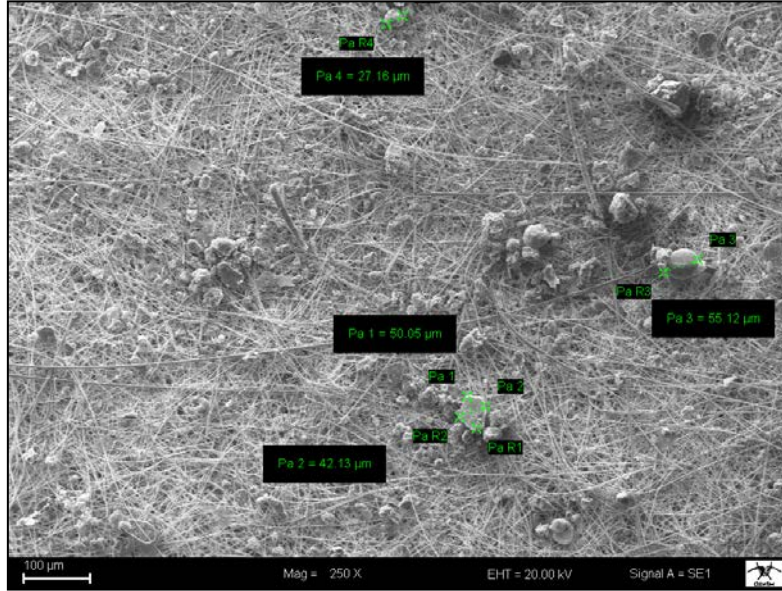
Ağustos ayı örneklemede 6., 9., 10., 14. ve 15. istasyonlardan alınan numuneler ile SEM analizleri yapılmıştır. Bu istasyonlar Kahramanmaraş şehir merkezini ve uç noktalarını temsil etmektedir. Toplanan partikül maddelerin boyutları için genel bir yorum yapmaya yardımcı olacağından SEM analizi için bu istasyonlar

seçilmiştir. 6. (Gaziantep Yolu 7. km) istasyondan alınan numunenin SEM görüntüsünden seçilen 3 parçacık için, parçacık büyüklükleri Şekil 12’de görülmektedir.



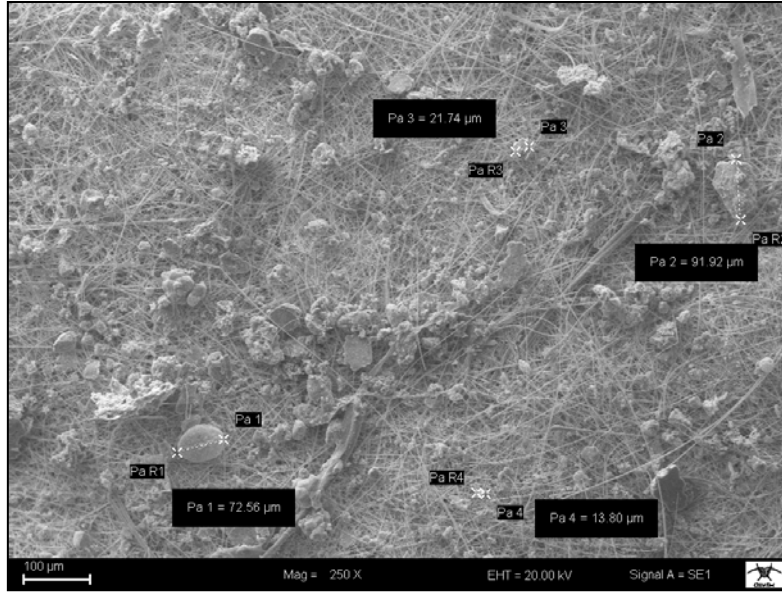
Şekil 12. 6. Numunedeki Partikül Maddelerin Boyutları

6. numune için filtre kâğıtlarının görüntüsü 55 kat büyütülerek elde edilmiştir. Filtre üzerinde kalan partikül maddeler farklı boyut ve yapıdadır. Diğer partiküllere göre daha küçük boyutlara sahip partikül maddelerin antropojenik kaynaklı olduğu düşünülmektedir. SEM görüntüsünden seçilen 3 parçacığın boyutları büyükten küçüğe doğru sırasıyla; 37.95 μm , 20.30 μm ve 15.07 μm ’dir. Bu 3 parçacığa göre 6. istasyondaki partikül maddelerin ortalama parçacık boyutu 24.44 μm ’dir. 9. numunedeki bazı partikül maddelerin, 250 kat büyütülerek belirlenen boyutları Şekil 13’de yer almaktadır.



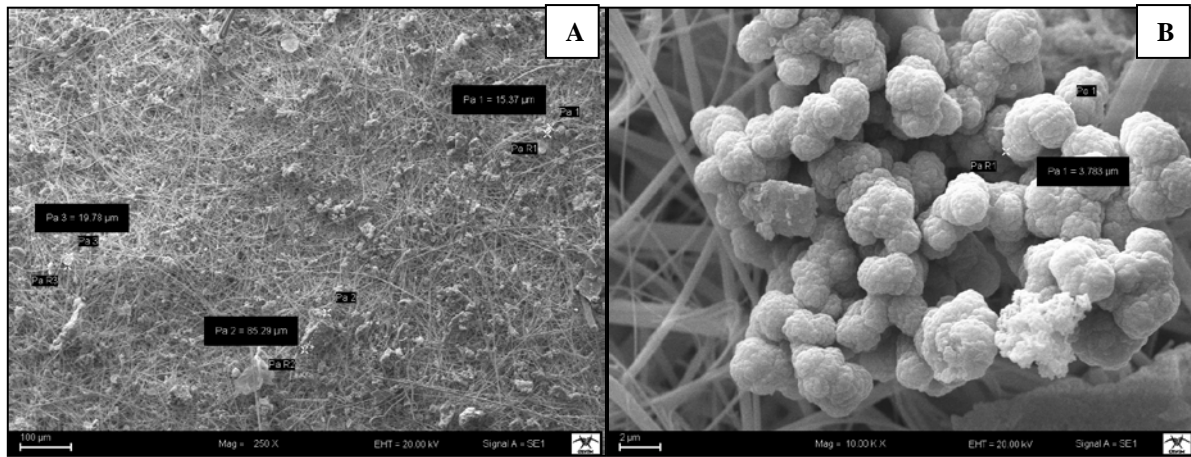
Şekil 13. 9. Numunedeki Partikül Maddelerin Boyutları

9. istasyondaki partikül maddeler 6. istasyona göre daha aralıklı bir yerleşim göstermiştir. Çünkü yapılan çalışmada en az çökelmenin görüldüğü istasyon 9. istasyon, yani Doğukent Mahallesi’dir. 9. istasyonda genellikle oval şekil gösteren 4 partikül maddenin boyutları büyükten küçüğe doğru sırasıyla; 55.12 μm , 50.05 μm , 42.13 μm ve 27.16 μm ’dir. Bu 4 parçacığa göre 9. istasyondaki partikül maddelerin ortalama parçacık boyutu 43.31 μm ’dir. 10. numunedeki bazı partikül maddelerin, 250 kat büyütülerek belirlenen boyutları Şekil 14’de yer almaktadır.



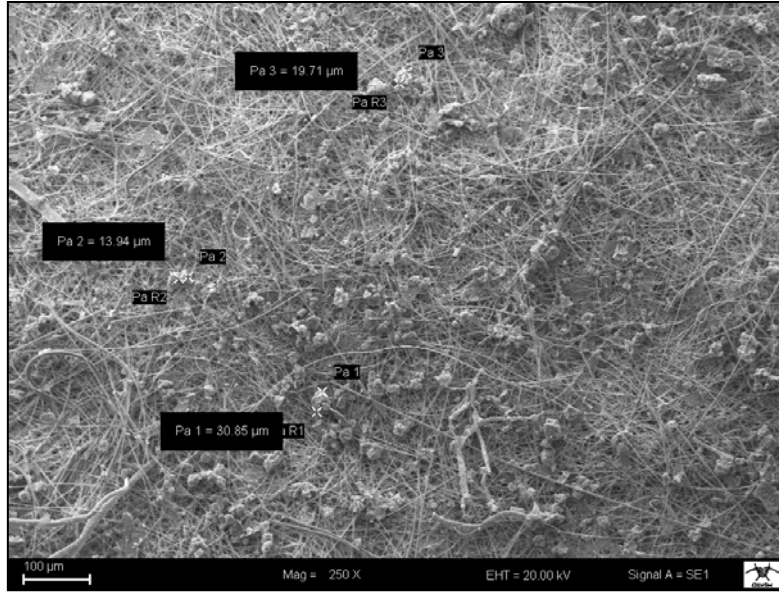
Şekil 14. 10. Numunedeki Partikül Maddelerin Boyutları

10. istasyon Kahramanmaraş Büyükşehir Belediyesi'dir. Burada oluşan partikül maddelerin antropojenik ve trafik kaynaklı olduğu düşünülmektedir. Şekil 16'da da görüldüğü gibi partiküller çok yoğun olmamakla beraber homojen bir dağılım göstermemektedir. 10. istasyondan alınan numunedeki homojen olmayan partikül maddelerden 4 tanesi seçilerek boyutlarına bakılmıştır. Seçilen 4 partikül maddenin boyutları büyükten küçüğe doğru sırasıyla; 91.92 μm , 72.56 μm , 21.74 μm ve 13.80 μm 'dir. Bu 4 parçacığa göre 10. istasyondaki partikül maddelerin ortalama parçacık boyutu 50 μm 'dir. 14. istasyondan alınan numunedeki bazı partikül maddelerin 250 ve 10000 kat büyütülerek belirlenen boyutları Şekil 15'de yer almaktadır.



Şekil 15. 14. Numunedeki Partikül Maddelerin Boyutları

SEM fotoğraflarındaki en belirgin ortak görünüm parçacık boyutlarındaki homojen olmayan durumlardır. X değerleri arttırıldıkça değişik morfolojiler gözlenmektedir. 14. istasyonun bulunduğu Tekerek Mahallesi'nde Şekil 15'de görüldüğü gibi küçük boyutlu partiküller atmosferde birleşerek kompleks bir parçacık oluşturmuştur. Tespit edilen kompleks yapıdaki parçacığın boyutu 3.783 μm (Şekil 15 (B)), yapının tamamı ise 25.75 μm 'dir. PM₁₀ (10 μm 'den küçük partikül maddeler) boyutundaki parçacıkların birleşerek neredeyse 30 μm boyutunda kaba partikül madde oluşturdukları SEM analizi yardımıyla görülmektedir. Belirlenen 3 parçacığın boyutları büyükten küçüğe doğru sırasıyla; 85.29 μm , 19.78 μm ve 15.37 μm 'dir (Şekil 15 (A)). Bu 3 parçacığa göre 14. istasyondaki partikül maddelerin ortalama parçacık boyutu 40.14 μm 'dir. 15. istasyondan alınan numunedeki bazı partikül maddelerin 250 kat büyütülerek belirlenen boyutları Şekil 16'da yer almaktadır.



Şekil 16. 15. Numunedeki Partikül Maddelerin Boyutları

15. istasyon Kahramanmaraş Havaalanı'dır. Belirlenen 3 farklı partikül maddenin boyutları görüntü 250 kat büyütülerek ölçülmüştür. Belirlenen 3 parçacığın boyutları büyükten küçüğe doğru sırasıyla; 30.85 μm , 19.71 μm ve 13.94 μm 'dir. Bu 3 parçacığa göre 15. istasyondaki partikül maddelerin ortalama parçacık boyutu 21.5 μm 'dir.

Sadece Ağustos ayı örneklemesinde yapılan SEM analizi için seçilen 6., 9., 10., 14. ve 15. istasyonlardaki numuneleri ortalama olarak kaba parçacık boyutundan ince parçacık boyutuna doğru sıralarsak sırasıyla; 50 μm parçacık boyutu ile 10. istasyon, 43.31 μm parçacık boyutu ile 9. istasyon, 40.14 μm parçacık boyutu ile 14. istasyon, 24.44 μm parçacık boyutu ile 6. istasyon ve 21.5 parçacık boyutu ile 15. istasyon olacaktır.

5. SONUÇLAR

❖ pH değerleri 6.0-9.2 arasında değişerek ortalama pH değeri 7.7 olarak tespit edilmiştir. Mart ve Nisan aylarında 8., 9., 10. ve 11. istasyonlar sırasıyla 6.2, 6.1, 6.0 ve 6.3 pH değerleriyle hafif asidik karakter sergilemektedir. En düşük pH değeri (6.0) Nisan ayında ve 10. istasyonda (Kahramanmaraş Büyükşehir Belediyesi) gözlenmiştir. En yüksek pH değeri de (9.2) Haziran ayında ve 13. istasyonda (Piri Reis Mahallesi) gözlenmiştir.

❖ İletkenlik değerleri 80.1-553.4 $\mu\text{S/cm}$ arasında değişerek ortalama iletkenlik değeri 239.69 $\mu\text{S/cm}$ olarak tespit edilmiştir. Maksimum elektriksel iletkenlik değeri (553.4 $\mu\text{S/cm}$) Ağustos ayında ve 8. istasyonda (KASKİ Malzeme Deposu) gözlenmiştir. Minimum elektriksel iletkenlik değeri de (80.16 $\mu\text{S/cm}$) Mart ayında ve 1. istasyonda (Köy Garajı Civarı) gözlenmiştir.

❖ TKM değerleri 101-494 mg/L arasında değişerek ortalama TKM değerinin 263.14 mg/L olduğu tespit edilmiştir. Maksimum TKM değeri (494 mg/L) Mayıs ayında ve 8. istasyonda (KASKİ Malzeme Deposu) gözlenmiştir. Minimum TKM değeri (101 mg/L), 14. istasyonda (Tekerek Mahallesi) Ağustos ayında gözlenmiştir. Yapılan analizler sonucunda 6 aylık toplam TKM değerinin %26'sı AKM, %74'ü TÇKM çıkmıştır.

❖ AKM değerleri 6-190 mg/L arasında değişerek ortalama AKM değerinin 68.91 mg/L olduğu tespit edilmiştir. Maksimum AKM değeri (190 mg/L) 5. istasyonda (Havaalanı Kavşağı) ve Mart ayında gözlenmiştir. 1. istasyonda (Köy Garajı Civarı) Mart ayında ve 2. istasyonda (Gülsüm Hanım Gümüşer Sosyal Tesisi) Nisan ayında AKM değerinin minimum (6 mg/L) olduğu gözlenmiştir.

❖ TÇKM değerleri 21-460 mg/L arasında değişerek ortalama TÇKM değerinin 194.82 mg/L olduğu tespit edilmiştir. Maksimum TÇKM değeri (460 mg/L) Mayıs ayında ve 8. istasyonda (KASKİ Malzeme Deposu) gözlenmiştir. Minimum TÇKM değeri (21 mg/L) Mart ayında 2. istasyonda (Gülsüm Hanım Gümüşer Sosyal Tesisi) tespit edilmiştir.

❖ Örnekleme süresince yapılan analiz sonucunda hesaplanan F değerleri 8.58-42 mg/m².gün arasında değişerek ortalama F değeri 22.37 mg/m².gün olarak hesaplanmıştır. Maksimum F değeri (42 mg/m².gün), Mayıs ayında ve 8. istasyonda (KASKİ Malzeme Deposu) gözlenmiştir. Minimum F değeri (8.58 mg/m².gün) de Ağustos

ayında ve 14. istasyonda (Tekerek Mahallesi) gözlenmiştir. 6 ay sonunda varılan sonuçlara göre en çok kirlenen bölge sanayi kuyuları, en az kirlenen bölge ise Doğukent Mahallesi olmuştur.

❖ Yapılan ICP analiz sonuçlarına göre iz elementlerin ortalama konsantrasyonları; Ca 22616,6 > Fe 6669,98 > Al 1264,74 > Pb 133,58 > Zn 84,22 > Ni 39,22 > Cr 22,66 > Mn 21,68 µg/L µg/L bulunmuştur.

❖ SEM analizi için seçilen 6., 9., 10., 14. ve 15. istasyonlardaki numunelerin kaba parçacık boyutundan ince parçacık boyutuna doğru ortalamaları sırasıyla; 50 µm parçacık boyutu ile 10. istasyon, 43.31 µm parçacık boyutu ile 9. istasyon, 40.14 µm parçacık boyutu ile 14. istasyon, 24.44 µm parçacık boyutu ile 6. istasyon ve 21.5 parçacık boyutu ile 15. istasyondur.

❖ Sonuç olarak bu çalışmada; antropojenik kaynaklara bağlı olarak, endüstriyel aktiviteler sonucu ortaya çıkan etkiler (fosil yakıt kullanımı), ısınmadan kaynaklanan etkiler (düşük kalorili ve kükürt oranı yüksek kömürlerin yaygın olarak kullanılması ve yanlış yakma tekniklerinin uygulanması fosil yakıt ve bilinçsiz yakıt kullanımı), doğal kaynaklara bağlı olarak da mineral ve tuzları bünyelerine alarak yeryüzüne düşen yağışlar ve olumsuz hava şartlarının (yüksek sıcaklık vb. gibi) hava kalitesini etkileyen unsurlar olduğu düşünülmektedir.

TEŞEKKÜR

Bu araştırma, (Proje No: 2017/1-27 YLS) Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Bilimsel Araştırma Proje Koordinasyon Birimi tarafından desteklenmiştir. Çalışmanın yürütülmesinde sağladığı finansal desteğinden dolayı KSÜ-BAP birimine teşekkür ederiz.

6. KAYNAKLAR

Ayako, O., Shigenobu, T., Hajime, O., (2013). Atmospheric Deposition Of Trace Metals To The Western North Pacific Ocean Observed At Coastal Station In Japan, *Atmospheric Research*, 129, 20–32.

CITEPA., (2013). Inventaire Des Emissions De Polluants Atmospheriques Et De Gaz A Effet De Serre En France, Series Sectorielles Et Analyses Étendues, Rapport National D'inventaire, Ministère De L'Ecologie du Développement Durable Et De L'Énergie, *Centre Interprofessionnel Technique D'etudes De La Pollution Atmospherique*, Paris, 332, 52-70. http://www.cibe.fr/IMG/pdf/secten_avril2013_sec.pdf (Son Erişim Tarihi: 10.08.2017)

Mehrazin, O., Véronique, R., Gwenaël, R., Katerine L., (2017). Assessment Of Atmospheric Trace Metal Deposition In Urban Environments Using Direct And Indirect Measurement Methodology And Contributions From Wet And Dry Depositions, *Environment*, 168, 101-111. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1352231017305721> (Son Erişim Tarihi: 12.09.2017).

Moaref, S. M., Sekhavatjou, S., Hosseini, A., (2014). Determination Of Trace Elements Concentration In Wet And Dry Atmospheric Deposition And Surface Soil In The Largest Industrial City, Southwest Of Iran, *Int. J. Environ. Res.*, 8 (2), 335-346. https://ijer.ut.ac.ir/article_724_640f3d09ef3b0aefbff2436b4d0e1058.pdf (Son Erişim Tarihi: 06.09.2017).

Querol, X., Dall'Osto, M., Alastuey, A., O'Dowd, C., Harrison, R. M., Wenger, J., Gomez-Moreno, F. J., (2013). On The Spatial Distribution And Evolution Of Ultrafine Particles In Barcelona, *Atmospheric Chemistry and Physics*, 13, 741-759.

Roupsard, P., Amielh, M., Maro, D., Coppalle, A., Branger, H., Connan, O., Laguionie, P., Hebert, D., Talbaut, M., (2013). Measurement In A Wind Tunnel Of Dry Deposition Velocities Of Submicron Aerosol With Associated Turbulence Onto Rough And Smooth Urban Surfaces, *Journal Of Aerosol Science*, 55, 12-24.

Scherbakova, K., Şahin, Ü. A., Onat, B., (2012). İstanbul'da Beş Bölgedeki Partikül Maddenin Boyut Dağılımı ve Mevsimsel Değişimi, *Çevre Bilimi ve Kirliliği Araştırma Dergisi*, 19 (4), 1198-1209.

Stephane, P., Veronique, R., Pierre, R., Denis, M., Maurice, M., (2016). A New Method For Assessing The Contribution Of Atmospheric Deposition To The Stormwater Runoff Metal Load In A Small Urban Catchment, *Water Air Soil Pollut.*, 227: 180. <https://sci-hub.cc/https://link.springer.com/article/10.1007/s11270-016-2794-2> (Son Erişim Tarihi: 10.09.2017).

T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü, (2006). *Asit Yağmurları ve Hava Kirliliği Değerlendirme Raporu*, 26-94. <https://www.mgm.gov.tr/FILES/arastirma/AsitYagmurlariDeğerlendirmeRaporu.pdf> (Son Erişim Tarihi: 07.08.2017).