

BÜYÜKÇEKMECE BÖLGESİNDE TOPLANAN YAĞMUR NUMUNELERİNİN AĞIR METAL MUHTEVASI VE KİRLİTİCİ KAYNAKLARININ BELİRLENMESİ

Omar ALAGHA (*), Ferhat KARACA, Nihan UYGUR

Fatih Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, 34500, Büyükçekmece/İstanbul

ÖZET

Bu çalışmada Büyükçekmece, İstanbul havza alanında (41.04' boylam; 28.59' enlem) 2007-2008 kış ve ilkbahar mevsimleri süresince toplanan 51 adet yağmur (yağış bazlı) numunenin ağır metal muhtevası (Ca, Mg, Al, Na, K, Cu, Co, Ni, Pb, Cd, Cr, V) incelenmiştir. Yağmur örnekleri Fatih Üniversitesi Kampus sınırları içinde toplanmıştır. Ağır metal tayinleri GFAAS, FAAS ve FAES teknikleri ile yapılmıştır. Elde edilen verilerin istatistiksel değerlendirmesi (temel istatistikler, korelasyon analizi, vs.) yapılarak ağır metallerin kaynaklarının belirlenmesi amacıyla istatistiksel modeller (Zenginleştirme Faktörü (EF), Temel Bileşenler Analizi (PCA) ve korelasyon analizi) kullanılmıştır.

ABSTRACT

In this work, 51 wet-only (rain event based) rain samples were collected from Istanbul Büyükçekmece watershed area (41.04' N; 28.59' E) and the samples were investigated for heavy metal content (Ca, Mg, Al, Na, K, Cu, Co, Ni, Pb, Cd, Cr, V). Rain samples were collected at Fatih University station. Heavy metal content was elucidated utilizing GFAAS, FAAS and FAES techniques. The produced data were treated statistically (basic statistics, correlation analysis, etc.) whereas sources for heavy metals were investigated by applying source oriented models (Correlation Analysis, Enrichment Factor EF, Principal Component Analysis PCA).

ANAHTAR SÖZCÜKLER

Yağmur Örnekleme, Ağır Metaller, Kirlilik Kaynağı Modellenmesi, Yağmur Kimyası

GİRİŞ

Hava kirliliği zararlı gaz ve toz bileşenlerin çevresel denge içerisinde insan, hayvan, bitki ve malzemeler üzerinde zararlı etkilere neden olabilecek seviyelerde bulunmasıdır. Son yıllarda hava kirliliği konusuna olan ilgi hızla artış göstermektedir. Ülkemizde bu küresel ilgiyi takip etmekte ve özellikle İstanbul, Ankara, İzmir ve Konya gibi büyük kentlerimizde konuyla ilgili önemli çalışmalar ve uygulamalar yapılmaktadır. Yerel yönetimler ve Çevre Bakanlığı eliyle bu konuda önemli yatırımlar yapmakta ve henüz başlangıç aşamasındaki sistemlerle, özellikle internet yoluyla, halk bilgilendirilmeye çalışılmaktadır. Avrupa Birliği ve Amerika gibi gelişmişlik düzeyini yakalamış ülkelerde ise konu çok daha fazla hassasiyet ile ele alınmaktadır. Bu tip ülkelerin konuya yaklaşımları zorunluluktan ziyade sorumluk gereği

* oalagha@fatih.edu.tr

yapılıyor görüntüsü çizmektedir. Özellikle Japonya'nın bu konuda çok hassas olduğu; hava kalitesi kontrolü, yönetimi ve haklım bilgilendirilmesi konusunda örnek temsil edilebilecek uygulamaları yaptıklarını görmekteyiz.

Hava kalitesine, insan, canlı ve diğer çevresel ortamlara etki eden potansiyel kaynakların araştırılması, ilgili konuda çalışan bilim insanları açısından en önemli araştırma konularından birisi olarak değerlendirilmektedir (Başak, 2003; Topçu, 2002).

Temel kirleticiler incelendiğinde kentsel alanlarda önemli kirlilik seviyelerine ulaşıldığı görülmektedir. Ülkemizde, büyük kentlerde, son yıllarda kömür kullanımı oldukça azalmış ve yerini doğal gaz kullanımına bırakmıştır. Doğal gazın yakma ve ısınma amaçlı kullanımı sonrasında atmosfere yayılan emisyon değerlerinin kömürle mukayese edildiğinde yok denecek seviyelerde olduğu bilinmektedir. Bu durum büyük kentlerimizde hava kalitesi bakımından oldukça umut verici gelişmelerin yaşanmasını sağlamış ve son yıllarda ciddi miktarlarda temel kirletici derişimlerinde, özellikle SO₂, düşümler gözlenmiştir (Okay, 2002; Özsoy 2000; Keene, 1983). Büyük kentlerde SO₂ derişimindeki bu düşüğe rağmen, temel emisyon kaynakları ısınma olmayan diğer kirletici türleri (ozon ve azot oksit türleri gibi) daha ön plana çıkmaya başlamıştır (Seyfioğlu, 2006; Müezzinoğlu, 2006; Karaca, vd., 2002; Odabaşı, 2002).

Büyük kentlerin atmosfere yaydıkları kirleticiler sadece kentsel ortamlar için bir tehdit oluşturmaz, aynı zamanda rüzgar ve hava akımlarıyla yarı kentsel ve kırsal bölgelere de taşınarak yağ ve kuru çökeltme işlemleri sonrasında her türlü yüzeyde depolanabilirler (Lohse vd., 2008).

Atmosfere yayılan gaz ve toz kirleticilerin kaynakları orman yangınları, volkanlar ve deniz tuzları gibi doğal kaynaklar ve yanma işlemi gerçekleşen tesisler, ısınma faaliyetleri, trafik gibi insan kaynaklı faaliyetlerdir (Alagha, 2000; Kaya, 1997).

Avrupa ve Kuzey Amerika'yı kapsayacak şekilde yürütülmüş olan güncel bazı çalışmalara göre hava kaynaklı tozların karasal ve su sistemlerine en önemli etkileri yağ ve kuru depolanma yoluyla olmaktadır (Hontoria vd., 1996; Sanusi vd., 1995).

Asit yağmurunun öncüsü olan SO₂ ve NO_x türleri atmosferde ikincil partiküllerin, azot türevlerinin oluşmasına neden olabilirler. Bu türler atmosferde hazır bulunan organik türlerle tepkimeye girerek ozon oluşumunu tetiklerler. Kükürtdioksit ve ozon gazları bitkilerde hasarların oluşmasına neden olurlar. Bir çok malzeme ve yüzeyin korozyona uğraması ve hava kirliliği nedeniyle bozulmasından atmosferik SO₂ sorumludur (Zhang, 2006; Menz ve Seip, 2004; Kelly, 1989).

Büyükçekmece Gölü, İstanbul'un içme ve kullanma suyu ihtiyacının yaklaşık %25'lik bir bölümünün karşılandığı en önemli su kaynaklarından birisidir. 2007 yılında İstanbul'da gözlenen kuraklığa paralel olarak Büyükçekmece Gölü'nde de önemli miktarda kuruma gözlenmiş ve su seviyesi %10 değerinin altına kadar düşmüştür. Bu çalışma bu husus dikkate alındığında göl ile ilgili yapılacak stratejik planları desteklemesi açısından çok önemlidir. Zira kuraklık sonrası gölü besleyen yağışlar göl kimyasını doğrudan etkilemektedir.

Bu çalışmanın temel amaçları; Büyükçekmece havzası içerisinde toplanan yağış örneklerinin kimyasal yapısının araştırılarak, örneklerdeki kirliliğin miktarının ve kaynaklarının çeşitli istatistiksel yöntemlerle belirlenmesidir.

MATERYAL VE METOD

Örnekleme Bölgesi

Örnekleme noktasının seçilmesi bu tip çalışmalarda en kritik kararlardan birisidir. Çünkü seçilecek noktanın bölgeyi temsil edici nitelikte olması ve yakınında noktasal veya yayılı bir kaynaktan doğrudan etkileniyor olmaması gerekmektedir. Örnekleme noktası belirlenirken bir çok kriter dikkate alınmıştır. Bunlar temelde örnekleme alanıyla ilgili olanlar ve örnekleme bölgesiyle ilgili olanlar şeklinde ayrılabilir. Örnekleme alanıyla ilgili olanlar Fatih Üniversitesi kampüs alanı içerisinde seçtiğimiz alanın en az 20 m yakınında herhangi bir ağaç, duvar ve bina gibi alanın mikro meteorolojisini etkileyecek noktaların bulunmaması hususları dikkate alınarak belirlenmiştir. Buna ilave olarak alanın güvenliği ve üçüncü şahıslar, evcil veya vahşi hayvanlara karşı güvenlik amaçlı tedbirlerinde alınmış olması gerekmektedir. Son olarak alanın elektrik bağlantısı ve alt yapısının da bu çalışmayı yürütebilecek yeterlilikte olması için gerekli düzenlemeler yapılmıştır. İkinci tür kriterler ise örnekleme bölgesi ile ilgili olan ve çalışmanın güvenlik ve başarısından ziyade toplanacak örneklerin doğruluğu ve temsil edici yapısını sağlayıcı niteliklerdir. Bu amaçla örnekleme bölgesinin 5 km yakınında herhangi bir insan kaynaklı noktasal ve yayılı kaynak bulunmamasına özen gösterilmiştir. Bu şartı en çok zorlayan kaynak türü yollardır. Yollarla ilgili olarak da 5 km şartı korunmuş fakat bu şart sadece TEM ve E-5 gibi çok yoğun yollar ve kaplamasız ve stabilize yollar için değerlendirilmiştir.

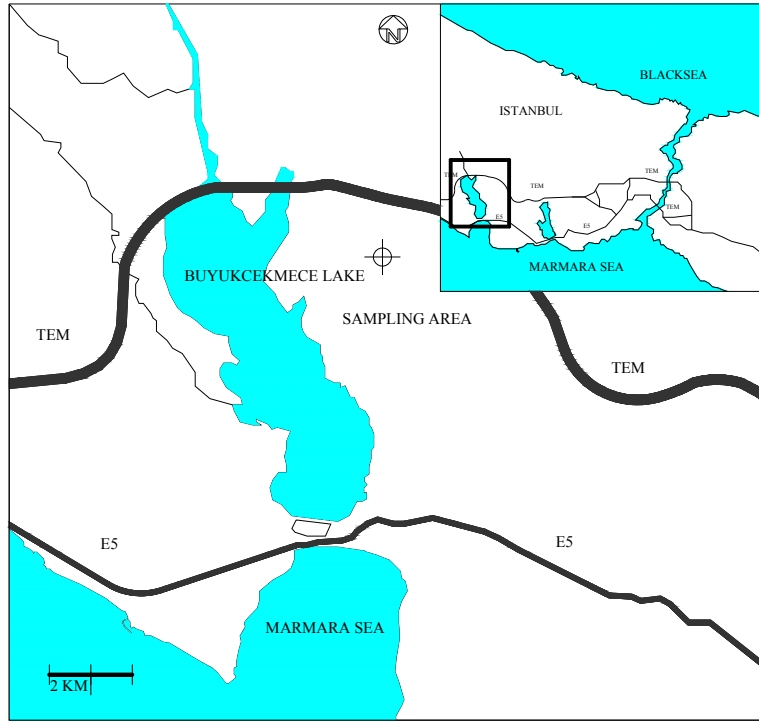
Yukarıda vermiş olduğumuz kriterler çerçevesinde örnekleme alanı ve bölgesi için en ideal yer olarak Fatih Üniversitesi kampüs alanı içerisinde 2007 yılı eylül ayında bir istasyon kurularak güvenliği ve alt yapısal yeterliliği sağlanmıştır (41,0916° N, 28,6185° E). İstasyon bulunduğu bölge ve alan itibarıyla, kırsal veya yarı kentsel bölge niteliği taşımaktadır. Örnekleme Bölgesi Şekil 1’de gösterilmiştir.

Yaş ve Kuru Örnekleme Sistemi

Bu proje kapsamında yaş ve kuru çökeltme örneklerini ayrı ayrı toplayabilmek için Fatih Üniversitesi Atölyesinde kendi imkanlarımızla bir adet yaş/kuru yağmur örnekleme sistemi imal edilmiştir. Bu örnekleme sistemi tamamen amaçlarımızı karşılayabilecek nitelik ve nicelikte üretilmiştir. Tasarım prensipleri genel hatlarıyla Amerika’da yürütülen Ulusal Atmosferik Çökeltme Programında (NADP) kullanılan ve önerilen sistemin benzeridir. Sistemin resimleri Şekil 2’de verilmiş olup genel olarak teknik şartnamesi şu şekilde verilebilir:

- Örnekleme sisteminin tüm gövde ve metal bileşenleri, kirlenmeyi ve dış ortamların korozif etkisini en düşük düzeye indirmek için alüminyum malzemeden imal edilmiştir.
- Sistemin kuru ve yaş çökeltme örneklerini ayrı ayrı ve karıştırmadan toplama ünitesi için iki ayrı toplama ünitesi tasarlanmıştır.
- Yağmur başlangıç ve bitişlerine hızlı ve tam otomatik cevap vere bitirmesi için benzer şekilde kendi atölyemizde bir yağmur sensörü geliştirilmiştir.
- Sistem tamamen otomatik ve elektronik olup programlanabilir bilgi/işletim kontrol ünitesi (PLC) uzun süre arazi şartlarında çalışabilmekte ve tüm veriyi anında kaydedebilmektedir.

- Sistemde yağış örneklerinin toplandığı kovalar Yüksek Yoğunluklu Polietilen (HDPE) malzemeden imal edilmiştir.
- Örnekleyici sisteme ilave olarak bir adet yerel meteoroloji istasyonu (Davis Vantage Pro2 model) sisteme monte edilmiştir. Bu istasyon yağış verileriyle aynı ve eş zamanlı olarak her 15 dakikalık zaman dilimi için rüzgar hızı, rüzgar yönü, sıcaklık, yağış miktarı, basınç, nispi nem değerlerini ölçmekte ve radyo vericisi yoluyla tüm verileri ofis bilgisayarımıza aktarmaktadır.



Şekil 1. Örnekleme Bölgesi



Şekil 2. Bu çalışma için üretilmiş olan yağ/kuru örneklemesi sistemi a) örnekleyicinin arazideki görünüşü b) PLC ünitesi c) yağış sensörü.

Yağmur Suyu Analizleri

Yağmur örnekleri yağış esasına göre ve her bir yağışın ilk başladığı an itibarıyla toplanmıştır. Örnekler tam otomatik olarak toplanmıştır. Yağışın sona ermesini takiben yağ örneklem üitesinin kapağı otomatik olarak kapanmakta ve örneklerin kirlenmesi engellenmektedir. Örneklem işleminde Alagha'nın (2000) yaptığı çalışmada izlenen yöntem ve metot izlenmiştir. Yağış sonrasında örnekler HDPE şişelere aktarılarak bekletilmeksizin araştırma laboratuvarımıza transfer edilmiştir. İlk iş olarak örneklerin pH, sıcaklık, iletkenlik ve yağış miktarı değerleri ölçülmüştür. Bu işlemi takiben yağış örnekleri 0,45 Mm gözenekli Millipore Sartorius® Selüloz Asetat filtre kullanılarak süzölmüştür. Süzölen örnekler 100 ml'lik HDPE Nalgene® marka şişelerde ve buzdolabında 4 °C'de diğerkimyasal analizlerin yapılması için saklanmıştır. Düzenli olarak arazi şahitleri alınmış ve bu şahitler de benzer şartlarda saklanmıştır. Tüm yapılan işlemler ve kişisel gözlemler (elektrik kesintisi, meteorolojik durum, dönemseldurumlar vs.) laboratuvar defterine itina ile kaydedilmiştir.

Bu çalışma kapsamında ölçölen metaller ve kimyasal parametreler ve ölçüm yöntemleri Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Yağış kimyasal yapısının incelenmesinde kullanılan yöntemler

Ölçüm parametreleri	Analitik ölçüm metodu
H ⁺	Sper Scientific® pH metre
Ca, Na, K , Al, Mg,	Varian FS 240 FAAS ve FAES
Cu, Co, Ni, Pb, Cd, Cr, V	Varian GTA 120 GFAAS

SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Ölçüm Limitleri (Detection Limits)

Yağmur örneklerinin kimyasal tayinlerinde kullanılan yöntemlerin ölçüm limitleri (DL) şahit örneklerde ölçölen değerlerin Standart Sapmalarının üç katı olacak şekilde Formül 1'e göre hesaplanmıştır. Buna göre;

$$DL=3,0 \times S_b \quad (1)$$

Burada; S_b = Şahit örneklerinde okunan değerlerin standart sapmasıdır.

Buna göre temel elementler olan Ca, Na, Al ve Mg için bulunan ölçüm limitleri sırasıyla; 0,01, 0,02, 0,05, 0,02 ve 0,05 mg/L olarak hesaplanmıştır. Eser elementleri olan Cu, Co, Ni, Pb, Cd, Cr ve V için ise ölçüm limit değerleri sırasıyla 0,06, 0,08, 0,01, 0,02, 0,04, 0,02 ve 0,04 µg L⁻¹ olarak hesaplanmıştır.

Tanımlayıcı İstatistikler

Her bir element için tanımlayıcı istatistik değerleri hesaplanarak Tablo 1'de verilmiştir. Bu çalışmada toplanan örneklerin asitlilik özellikleri ile ilgili değerlendirmeler daha önce yapılmış ve yayınlanmış olan bir çalışmada sunulmuştur (Uygur vd., 2008). Konuyla ilgili detaylı bilgiler ve tartışmalar ilgili referanstan bulunabilir.

Alüminyum ve Demir için hesaplanan çarpıklık ve basıklık değerleri bu elementlerin toplanan tüm numuneler için normal dağılıma uygun davranış gösterdiğini ifade etmektedir. Diğer elementlerde ise tam tersi bir durum vardır. Bu diğer elementlerin normal dağılıma uymadığını ve histogram eğrilerinde sağ tarafta uzun kuyrukları (artı ve >2 çarpıklık değeri) olduğunu ifade eder. Bu elementlerin dağılımları lognormal dağılımla ifade edilebilir. Bu değerlendirmenin uygulamaya bakan yönü ise, Tablo 2’de verilen ortalama değerlerden normal dağılım gösterenlerin referans değerleri aritmetik ortalama, lognormal dağılım gösterenlerinkiler ise geometrik olarak alınması istatistiksel açıdan daha uygundur (Karaca vd., 2005).

En yüksek değerlerin gözlemlendiği Al ve Fe litofilik elementlerdir. En düşük değer ise insan kaynaklı faaliyetlerle, özellikle trafik, atmosfere yayıldığı bilinen kobalt elementidir.

Tablo 2. Ölçüm verisinin tanımlayıcı istatistik tablosu

	Al	Ca	Co	Cr	Cu	Fe	H	K	Mg	Na	Ni	Pb	V
	mg/L	mg/L	µg/L	µg/L	µg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	µg/L	µg/L	µg/L
Ortalama	7.65	0.62	0.31	0.56	1.67	3.31	8.85	0.16	0.12	1.65	1.01	1.91	6.14
Geometrik ortalama	5.64	0.30	0.10	0.36	0.87	1.69	0.26	0.04	0.06	0.47	0.56	0.53	4.72
Standart sapma	5.03	0.86	0.75	0.69	2.42	3.68	25.37	0.37	0.22	2.87	1.21	3.03	4.39
En Küçük	0.78	0.06	0.01	0.08	0.13	0.17	0.00	0.00	0.00	0.01	0.05	0.01	0.20
En Büyük	16.06	3.58	4.26	4.05	13.30	15.38	154.88	1.61	1.34	16.36	6.50	11.11	28.70
İlk çeyrek	2.49	0.12	0.03	0.18	0.45	0.69	0.01	0.02	0.03	0.08	0.23	0.12	3.50
Son çeyrek	12.38	0.69	0.20	0.66	1.51	5.18	6.17	0.07	0.10	1.67	1.30	1.75	7.20
Çarpıklık	0.22	5.58	11.21	9.19	8.55	3.92	13.14	8.46	12.55	9.75	7.39	5.35	8.52
Basıklık	-2.24	5.23	25.85	20.31	16.64	2.13	36.44	12.96	32.74	21.80	13.01	3.99	21.99

Korelasyon Matrisi

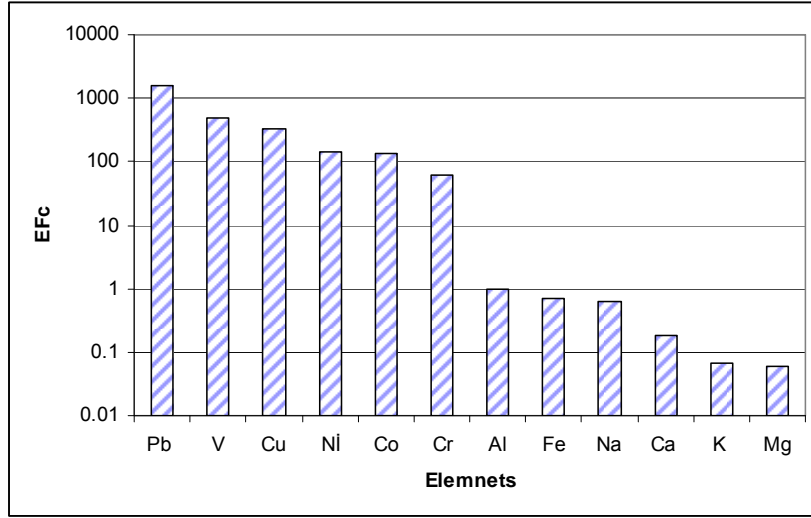
Tablo 3’te tüm veri seti içerisindeki tüm element çiftleri için Pearson korelasyon değerleri hesaplanarak verilmiştir. Bu değerler -1 ve + 1 değer aralığında çiftler arasındaki ilişimin kuvvetini ifade edecek şekilde sıralanmıştır. Aralarında %95 güven aralığında (p değeri<0,05) ilişim olan çiftler şu şekilde sıralanabilir: Ca ve Mg (0,49), Co ve Mg (0,71), Cu ve Fe (0,32), Cu ve Pb (0,38), Fe ve Pb (0,54), Na ve Pb (0,44). Bu kuvvetli ilişim değerleri bu çiftlerin ortak kaynaklardan zenginleşmek suretiyle yağmur kimyasına karıştıklarını veya belirli meteorolojik şartlar altında benzer yayılım özellikleri gösterdiklerini ifade etmektedir.

Zenginleşme Faktörü

Zenginleşme Faktörleri (ZF) hesaplanırken Karaca vd. (2008) kullandıkları hesaplama yöntemi kullanılmıştır. Detaylı bilgi için ilgi referans kullanılabilir. Her bir elementin Al elementi temel alınarak hesaplanmış olan ZF değerleri logaritmik ölçekli olarak Şekil 3’te verilmiştir. Karaca ve Ark. (2008) ZF değerinin 10’dan büyük olması durumundaki bir elementin o örnek grubunda zenginleşerek antropojenik olarak atmosfere yayıldığını önermişlerdir. Buna göre; Fe, Na, Ca, K ve Mg elementler yağmur suyunda zenginleşmemiş elementlerdir. Bunun temel nedeni bu elementlerin kaynaklarının genelde doğal kaynaklar olması, yani toprak kökenli elementler olmasıdır. Bu elementler yağmur suyu kimyasına doğal kaynaklardan yayılmak suretiyle karışmış olmalıdırlar. Öte yandan, Pb, V, Cu, Ni, Co ve Cr elementleri oldukça zenginleşmiş elementlerdir ve kaynaklarının doğal olduğu söylenemez. Bu elementler tipik insan aktivitelerine bağlı atmosfere yayılan ve doğal seviyelerin üzerinde zenginleştikleri bilinen elementlerdir.

Tablo 3. Yağmur örneklerini çözünebilen bölümündeki elementler için korelasyon matrisi

	Na	K	Al	Ca	Mg	NH4	H+	Pb	Ni	Fe	Cu	Cr	Co	V
Na	1,0000													
K	-0,0881	1,0000												
Al	-0,1359	-0,0779	1,0000											
Ca	0,0820	-0,0933	-0,0509	1,0000										
Mg	-0,0538	-0,0860	-0,1277	0,4945	1,0000									
NH4	0,1558	-0,1816	-0,1590	0,0842	0,2843	1,0000								
H+	0,2525	-0,0700	-0,0653	-0,1302	-0,0779	0,0018	1,0000							
Pb	0,4374	0,0450	-0,1810	0,0291	0,0599	0,3649	0,1392	1,0000						
Ni	0,0255	0,1835	-0,0755	-0,0534	0,0451	0,0689	0,0717	0,0716	1,0000					
Fe	0,0415	-0,0314	-0,1265	-0,0755	-0,1191	0,2268	0,0412	0,5396	-0,0263	1,0000				
Cu	-0,0705	-0,0409	-0,0576	-0,0537	0,0699	0,0122	0,0653	0,3807	-0,0760	0,3279	1,0000			
Cr	-0,0653	-0,1512	0,0409	0,0989	0,2881	0,1753	-0,1031	-0,0080	-0,0589	0,1692	-0,0421	1,0000		
Co	-0,0665	0,1609	-0,1521	0,1539	0,7135	0,3783	-0,0910	0,0797	0,2663	-0,0387	0,0512	0,2333	1,0000	
V	0,0332	-0,0143	0,1279	0,0142	-0,0446	0,4267	-0,1656	0,0740	0,0030	0,0195	0,0674	-0,0046	0,0776	1,0000



Şekil 3. Yağmur örneklerinde çözülmüş olan elementlerin Zenginleşme Faktörleri

Temel Bileşenler Analizi

Bu bölümde ölçmüş olduğumuz elementlerin ortak kaynakları olup olmadığını araştırmak üzere veri setimize Temel Bileşenler Analizi (TBA) uygulanmıştır. TBA analizi uygulanırken Tecer vd., (2008)'nin izledikleri yöntem kullanılmıştır. Detaylı bilgiye ilgili referanstan ulaşılabilir. Bu analiz kullanılmasıdaki temel amacımız 13 ayrı veri elemanından benzer istatistik davranışı gösterenleri ana gruplara ayırmak ve içlerinden izleme (tracer) elementleri yardımıyla her bir grubun ana kaynağını belirlemektir. TBA analizi uygulandığında Eigen değeri 1 rakamından büyük olan 5 bileşen çıkarılmıştır. Bu bileşenlerin hepsi birlikte veri setindeki değişimi %62.3 oranında açıklamaya yeterli olmuştur. TBA sonuçları Tablo 4'te verilmiştir.

Tablo 4. Temel bileşenler analizi eigen değerleri ve her bir bileşenin veri setindeki değişimi açıklama yüzdeleri

Bileşen No	Eigen değeri	Açıklanan Varyans Yüzdesi (%)	Kümülatif Yüzde (%)
1	2,16	16,65	16,65
2	2,04	15,68	32,33
3	1,45	11,12	43,45
4	1,33	10,27	53,72
5	1,12	8,60	62,31
6	0,99	7,60	69,91
7	0,92	7,09	77,01
8	0,78	5,98	82,99
9	0,72	5,56	88,55
10	0,59	4,55	93,11
11	0,48	3,70	96,80
12	0,27	2,07	98,87
13	0,15	1,13	100,00

TBA sonucunda her bir elementin bileşenler içerisindeki ağırlıkları Tablo 5’te verilmiştir. İlk bileşen TBA 1 ağırlık değerlerine göre Ca, Co, Cr ve Mg elementlerince temsil edilmektedir. Bu grup Co ve Cr gibi tipik antropojenik elementleri ve Ca ve Mg gibi tipik deniz kaynaklı elementleri içermektedir. TBA 2 bileşeni Cu, Fe, Pb ve H iyonu ile yüklenmiştir. Bu elementler büyük ihtimalle yağmur örneklerinin asitliliğinden sorumlu olan elementlerdir. TBA 3 bileşeni Al, Cr, K ve Ni elementlerinden oluşmaktadır. Bu grupta Al, Cr ve K gibi litofilik elementleri içermektedir. Bu gruptaki Ni elementi antropojenik bir elementtir ve Ni içerikli endüstriyel faaliyetlerden atmosfere yayılmaktadır. TBA 4 bileşeni Ca, Cu, H, K, Na ve V elementleri ile yüklenmiştir. Kalsiyum yağmur örneklerindeki nötralizasyonun meydana gelmesinden sorumlu elementtir. Son Bileşen grubu TBA 5 Na ve V elementleri ile yüklenmiştir. Sodyum deniz tuzlarının tipik bir izleme elementidir. Vanadyum ise antropojenik kökenli olduğu düşünülen bir elementtir. Bu grubun kaynağı muhtemelen deniz ve antropojenik emisyonların meteorolojik şartlar altında benzer davranışları göstermesi sonrasında alıcı ortama ulaşmıştır.

Tablo 5. Bileşen ağırlıkları

	TBA 1	TBA 2	TBA 3	TBA 4	TBA 5
Al	0,18	0,21	0,30	0,11	0,24
Ca	-0,37	0,11	0,15	-0,33	0,23
Co	-0,56	0,07	-0,20	0,17	0,00
Cr	-0,29	0,05	0,35	0,00	-0,24
Cu	-0,09	-0,37	0,23	0,30	-0,14
Fe	-0,05	-0,49	0,24	0,25	-0,18
H	0,11	-0,25	-0,24	-0,38	-0,22
K	0,00	0,01	-0,47	0,42	0,05
Mg	-0,61	0,12	0,03	-0,13	-0,05
Na	0,00	-0,34	-0,16	-0,50	0,40
Ni	-0,13	-0,03	-0,53	0,18	0,09
Pb	-0,15	-0,60	0,00	0,02	0,17
V	-0,03	-0,02	0,18	0,29	0,73

TARTIŞMA

Bu çalışma İstanbul için son derece önemli bir bölge olan Büyükçekmece içme suyu havzasında yapılmış bir çalışmadır. Bu bağlamda bölgede toplanan yağmur örneklerinin kimyasal yapısının bilinmesi ve incelenmesi özel bir önem arz etmektedir.

Özellikle kuraklığın artış gösterdiği ve göldeki su seviyesinin kuruma seviyelerine kadar düşebildiği dönemler son yıllarda sıklıkla gözlenmeye başlanmıştır. Bu durum yağış kimyasının önemini daha da artırmış ve çalışmanın bulgularına önem kazandırmıştır. Çalışmamızda elde ettiğimiz bulgulara göre bölgeye yağış yoluyla ulaşan metaller 5 ayrı kaynaktan zenginleşmek suretiyle bölgeye taşınmaktadır.

Bölgenin uzun taşınmadan nasıl etkilendiğinin araştırılması bir başka çalışma kapsamında değerlendirilecektir. Böylelikle bu 5 ayrı bileşenin yerel mi yoksa uzun taşınım ile bölgeyi etkilediği daha net bir şekilde belirlenebilecektir.

KAYNAKLAR

Başak., B. ve Alagha, O. The Chemical Composition of Rainwater Over Büyükçekmece Lake, Istanbul, *Atmospheric Research*, 71, 275–288, 2004.

Karaca, F., Alagha, O., Ertürk, F., Yılmaz, Y.Z. ve Özkara, T. Seasonal variation of source contributions to atmospheric fine and coarse particles, *Environmental Engineering Science*, 25 (5), 767-781, 2008.

Karaca, F., Alagha, O. ve Ertürk, F. Statistical characterization of atmospheric PM10 and PM2.5 concentrations at a non- impacted suburban site of Istanbul, Turkey, *Chemosphere*, 59 (8), 1183-1190, 2005.

Kaya, G. ve Tuncel, G., Trace Element and Major Ion Composition of Wet and Dry Deposition in Ankara, Turkey, *Atmospheric Environment*, 31, 3985-3998, 1997.

Keene, W.C., Galloway, J.N. ve Holden, J.D. Measurement of Weak Acidity in Precipitation from Remote Areas of the World, *Journal of Geophysical Research*, 88, 5122–5130, 1983.

Kelly, T.J., McLaren, S.E. ve Kadlecek, J.A. Seasonal Variations in Atmospheric SO_x and NO_y Species in the Adirondacks, *Atmospheric Environment*, 23, 1315–1332, 1989.

Lohse K. A., Hope, D., Sponseller, R. Allen J. O. ve Grimm N. B. Atmospheric Deposition of Carbon and Nutrients Across an Arid Metropolitan Area, *Science of the Total Environment*, 402, 95-105, 2008.

Menz, F.C. ve Seip, H. M. The Chemical Composition of Precipitation in Madrid, *Water, Air and Soil Pollution*, 146, 35–54, 2003.

Menz, F.C. ve Seip, H. M. Acid Rain in Europe and the United States: an Update, *Environ. Sci. Policy*, 7, 253–265, 2004.

- Muezzinoglu, A. ve Cizmecioglu, S. C. Deposition of Heavy Metals in a Mediterranean Climate Area, *Atmospheric Research*, 81, 1-16, 2006.
- Odabasi, M. ve Bagiroz H. O. Sulfate Dry Deposition Fluxes and Overall Deposition Velocities Measured with a Surrogate Surface, *The Science of the Total Environment*, 297, 193-201, 2002.
- Okay, C., Akkoyunlu, B. O. ve Tayanc M. Composition of Wet Deposition in Kaynarca, Turkey, *Environmental Pollution*, 118, 401-410, 2002.
- Ozsoy, T. ve Saydam, A. C. Acidic and Alkaline Precipitation in the Cilician Basin , North-Eastern Mediterranean Sea, *The Science of The Total Environment*, 253, 93–109, 2000.
- Sanusi, A., Worthman, H., Millet, M. ve Mirabel, P. Chemical Composition of rainwater in Eastern France, *Atmospheric Environment*, 30, 59–71, 1995.
- Seyfioglu, R, Odabasi, M. ve Cetin, E. Wet and Dry Deposition of Formaldehyde in Izmir, Turkey, *Science of the Total Environment*, 366, 809-818, 2006.
- Tecer, L., Alagha, O., Karaca, F., Tuncel, G. ve Süren, P. Effect of Meteorological Parameters on PM_{2.5} AND PM₁₀ Mass Concentration in Coal Mining Area, Zonguldak-Turkey, *Journal of the Air & Waste Management Association (JA&WMA)*, 58 (4), 543-552, 2008.
- Topcu, S., Incecik, S. ve Atımtay, A. T. Chemical Composition of Rainwater at EMEP Station in Ankara, Turkey, *Atmospheric Research*, 65 77–92, 2002.
- Zhang, J., Ouyang, Y. ve Ling, D. Impacts of Simulated Acid Rain on Cation Leaching from the Latosol in South China, *Chemosphere*, 67, 2131-2137, 2007.