

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

KİMYA ANABİLİM DALI

TRABZON İL MERKEZİNDEKİ YAĞIŞ SULARININ KİMYASAL ANALİZİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Kimyager Anıl Ece ARSLAN

HAZİRAN 2010

TRABZON

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

KİMYA ANABİLİM DALI

TRABZON İL MERKEZİNDEKİ YAĞIŞ SULARININ KİMYASAL ANALİZİ

Anıl Ece ARSLAN

**Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde
"Yüksek Lisans (Kimya)"
Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 21.05.2010
Tezin Savunma Tarihi : 21.06.2010**

**Tez Danışmanı: Doç. Dr. Ömer DALMAN
Jüri Üyesi: Prof. Dr. Münevver SÖKMEN
Jüri Üyesi: Yrd. Doç. Dr. Hasan GENÇ**

Enstitü Müdürü : Prof. Dr. Salih TERZİOĞLU

Trabzon 2010

ÖNSÖZ

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum bu çalışma, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Fakültesi Kimya Bölümünde gerçekleştirilmiştir. Çalışmamı destekleyen KTÜ'ye teşekkür etmeyi bir borç bilirim.

Çalışmalarım esnasında bilgi ve tecrübelerinden faydalandığım danışman hocam Doç. Dr. Ömer DALMAN'a en içten duygularıyla teşekkür ederim.

Ayrıca çalışmalarım esnasında maddi ve manevi desteklerini hiçbir zaman esirgemeyeneşime ve kızıma sonsuz teşekkür ve şükranlarımı sunarım.

Anıl Ece ARSLAN
Trabzon 2010

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ.....	II
İÇİNDEKİLER.....	III
ÖZET.....	V
SUMMARY.....	VI
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	VII
TABLolar DİZİNİ.....	VIII
SEMBOLLER DİZİNİ.....	IX
1. GENEL BİLGİLER.....	1
1.1. Giriş.....	1
1.2. Hava Kirliliğini Meydana Getiren Kirleticiler.....	3
1.2.1. Kaynaktan Çıktılarına Göre Kirleticiler.....	3
1.2.1.1. Birincil Kirleticiler.....	3
1.2.1.2. İkincil Kirleticiler.....	4
1.2.2. Kaynaklarına Göre Kirleticiler.....	4
1.2.2.1. Doğal Kaynaklardan Oluşan Kirleticiler.....	4
1.2.2.2. Yapay Kaynaklardan Oluşan Kirleticiler.....	4
1.2.3. Kimyasal Yapılarına Göre Kirleticiler.....	4
1.2.3.1. Organik Gazlar.....	4
1.2.3.2. İnorganik Gazlar.....	5
1.2.3.3. Partiküller.....	7
1.3. Hava Kirleticilerinin Taşınması ve Birikimi.....	7
1.3.1. Hava Kirleticilerinin Taşınması.....	7
1.3.2. Hava Kirleticilerinin Birikimi.....	8
1.4. Hava Kirliliğinin Etkileri.....	9
1.5. Hava Kirliliğinde Ölçme Yöntemleri.....	9
1.6. Hava Kalitesi ve Sınır Değerleri.....	10
1.7. Yaş Çökme ve Yağmur Sularının Asitliği.....	12
1.8. Asitliğin Nötralizasyonu.....	13
1.9. Asit Yağmurları ve Etkileri.....	14

1.9.1.	Alnacak Önlemler	16
1.10.	Trabzon İklimi ve Meteorolojisi	17
1.11.	Ülkemizde Gerçekleştirilen İlgili Çalışmalar	18
2.	YAPILAN ÇALIŞMALAR	21
2.1.	Numune Toplama Noktaları.....	21
2.2.	Numune Toplanması ve Analize Hazırlanması	21
2.3.	Kullanılan Cihazlar	22
2.4.	Kullanılan Reaktifler	23
2.5.	pH Analizi	23
2.6.	İyon Değişirme Kromatografisi ile Temel Anyonların Analizi	23
2.7.	ICP-OES ile Temel Katyonların Analizi	24
3.	BULGULAR VE TARTIŞMA	28
4.	SONUÇ VE ÖNERİLER	38
5.	KAYNAKLAR	42
ÖZGEÇMİŞ		

ÖZET

Bu çalışmada, Trabzon'da 12 aylık dönemde yağın yağmurun kimyasal özelliklerinin incelenmesi amacıyla üç ayrı istasyonda toplanan yağış örneklerinde SO_4^{-2} , NO_3^- , NO_2^- , Ca^{+2} , Mg^{+2} ve pH değerleri ölçülmüştür. Örnekleme istasyonları KTÜ kampüs, Valilik ve Bahçecik mevkiinde kurulmuştur. Bu istasyonlardan Mayıs 2008 ve Nisan 2009 tarihleri arasında örnekler alınmıştır. Bu ölçümler sonucunda ortalama pH değeri 6.81, ortalama sülfat, nitrat, nitrit, kalsiyum ve magnezyum değerleri sırasıyla $2.993 \text{ mg } SO_4^{-2} / L$, $0.302 \text{ mg } NO_3^- / L$, $0.046 \text{ mg } NO_2^- / L$, $0.66 \text{ mg } Ca^{+2} / L$, $0.60 \text{ mg } Mg^{+2} / L$ olduğu tespit edilmiştir. Bu da Trabzon yağmurlarının Mayıs 2008 - Nisan 2009 döneminde alkali karakterde olduğunu göstermektedir. Ayrıca 2008-2009 yılları arasında Trabzon İl Çevre ve Orman Müdürlüğü'ne ait sabit ölçüm istasyonları tarafından yapılmış olan ölçümlerden yararlanılarak PM ve SO_2 ' ye ait hava kirliliği grafikleri oluşturulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Yağmur suyu, kimyasal özellikler, Trabzon Kenti

SUMMARY

Chemical Analysis of Precipitation in the County Central Trabzon

This study has been carried out to investigate the chemical properties of the rains in winter in Trabzon city, Black Sea Region, Turkey. The rain water samples were collected at three stations which are in the KTU campus, the Governership and Bahçecik standing. SO_4^{-2} , NO_3^- , NO_2^- , Ca^{+2} , Mg^{+2} and pH concentrations of samples were determined. The samples are taken from May 2008 to April 2009 at these three stations. The average pH value was 6.81. The average pollutant concentrations of the rainwater samples were determined as follows : 2.993 mg SO_4^{-2} / L, 0.302 mg NO_3^- / L, 0.046 mg NO_2^- / L, 0.66 mg Ca^{+2} / L, 0.60 mg Mg^{+2} / L. This is indicated that alkaline character period between May 2008 - April 2009 of Trabzon rainwater. Also the air pollution graph of PM and SO_2 have been drawn for urban Trabzon. The data of air pollutants have been recorded by a stable air pollution monitoring laboratories of Directorate of Environment and Forestry of Trabzon between the years of 2008-2009.

Key Words: Rain water, chemical properties , Trabzon City

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1. Kimyasal Transformasyon	8
Şekil 2. Asit yağmuru oluşumu	15
Şekil 3. Trabzon’da yağmur suyu numunelerinin alındığı yerlerin gösterimi	21
Şekil 4. Valilik sabit ölçüm istasyonunun genel görünümü	24
Şekil 5. Gezici hava kalitesi ölçüm aracı genel görünümü	25
Şekil 6. Trabzon yağmurlarında pH değerlerinin iki aylık ortalamalarının zamana karşı grafiği	29
Şekil 7. Trabzon yağmurlarında SO_4^{2-} iyonu iki aylık ortalamalarının zamana karşı grafiği	30
Şekil 8. Trabzon yağmurlarında NO_3^- iyonunun iki aylık ortalamalarının zamana karşı grafiği	31
Şekil 9. Trabzon yağmurlarında NO_2^- iyonunun iki aylık ortalamalarının zamana karşı grafiği	31
Şekil 10. Trabzon yağmurlarında Ca^{2+} iyonunun iki aylık ortalamalarının zamana karşı grafiği	32
Şekil 11. Trabzon yağmurlarında Mg^{2+} iyonunun iki aylık ortalamalarının zamana karşı grafiği	32
Şekil 12. SO_4^{2-} , NO_3^- , NO_2^- , pH, Ca^{+2} ve Mg^{+2} , un yıllık ortalama değerleri.....	33
Şekil 13. Trabzon ilinde 2008-2009 kış dönemine ait PM değişim grafiği	34
Şekil 14. Trabzon ilinde 2008-2009 kış dönemine ait SO_2 değişim grafiği	34
Şekil 15. 2008 yılında sabit ölçüm istasyonlarında yapılan SO_2 ölçümleri	35
Şekil 16. 2009 yılında sabit ölçüm istasyonlarında yapılan SO_2 ölçümleri	35
Şekil 17. 2008 yılında sabit ölçüm istasyonlarından elde edilen aylık PM miktarının değişim grafiği	36
Şekil 18. 2009 Yılında sabit ölçüm istasyonlarında elde edilen aylık partikül madde (PM) miktarının değişim grafiği	36

TABLULAR DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 1. Çeşitli hava kirleticiler için UVS ve KVS değerleri	11
Tablo 2. Mayıs 2008-Nisan 2009 arası ortalama yıllık yağış miktarı ve maksimum yağış miktarı	18
Tablo 3. Yağış örneklerinin analiz sonuçları (İki aylık ortalama değerler).....	28
Tablo 4. Trabzon yağış sularının ortalama pH, SO ₄ ²⁻ , NO ₃ ⁻ ve Ca ²⁺ değerlerinin literatürdeki verilerle karşılaştırılması	38

SEMBOLLER DİZİNİ

K_{a_1}	: 1. asitlik sabiti
P_{CO_2}	: CO_2 'nin kısmi basıncı
T	: Sıcaklık
KH	: Henry sabiti
PE	: Polietilen
PVC	: Polivinilklorür
PAN	: Peroksiasetil nitrat
PBN	: Peroksibenzol nitrat
PM	: Partiküler madde
HDPE	: Yüksek yoğunluklu polietilen
HPLC	: Yüksek performanslı sıvı kromatografisi
ICP-OES	: Inductive coupled plasma optic emission spectroscopy
UVS	: Uzun vadeli sınır değerler
KVS	: Kısa vadeli sınır değerler
MFS	: Mikro filtrasyon sistem
μg	: Mikrogram
mg	: Miligram
μm	: Mikromol
ppm	: Milyonda bir

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

Hava kirliliği; katı, sıvı ve gaz halindeki kirletici maddelerin insan sağlığına, bitkilere, yapı malzemelerine ve ekolojik dengeye zararlı etkiler oluşturacak konsantrasyonda ve sürede atmosferde bulunmasıdır. Söz konusu hava kirleticileri gaz (SO_x , NO_x , HC (hidrokarbon), CO, CO_2) ve partikül (toz, duman, metalik duman (füme), uçucu kül, mist, aerosoller) halindeki kirleticiler olmak üzere genel olarak iki alt grupta toplanmaktadır. Bunun dışında ozon (O_3) ve peroksi asetil nitrat (PAN) ve peroksibenzol nitrat (PBN) gibi fotokimyasal oksidantlar da sekonder hava kirleticileri olarak tanımlanmaktadır. Hava kirleticilerin önce atmosfere ardından da yeryüzüne dönmesi ve bunun neden olduğu sonuçlar yaşamsal olaylar için son derece önemlidir. Hava kirliliğinin etkileri; küresel boyutta, bölgesel ve lokal ölçekte olmak üzere genel olarak üç kategoride incelenmektedir (Muezzinoglu, 1987). Örneğin yeryüzünün tümünü etkileyen sera etkisi (greenhouse effect) ve ozon tabakasının incelmeye gibi olaylar küresel boyuttaki etkilerdir. Dünyadaki belirli bölgelere tesir eden asit yağmurları, hava kirliliğinin bölgesel ölçekteki etkilerindedir. Hava kirliliğinin lokal ölçekteki etkileri ise yerleşim ve sanayi bölgelerinde görülen hava kirliliği şeklindedir. Sera etkisi ve küresel ısınma gibi global boyuttaki etkiler, yeryüzünün tümüne tesir etmekte olup çok şiddetli kasırgalar, yağışlar, seller, kar fırtınaları, buzulların erimesi ve aşırı kuraklık gibi farklı meteorolojik olayların meydana gelmesine neden olmaktadır. Doğal ya da antropojenik (insan faaliyetleri sonucunda meydana gelen) yollarla atmosfere salınan kirleticiler uzun ya da kısa menzilli bir taşınım neticesinde yağ veya kuru çökme yoluyla tekrar yeryüzüne dönerler. Pek çok kirleticinin atmosferden yeryüzüne taşınımında yağ çökme mekanizmaları kuru çökelmeye kıyasla daha önemli bir rol oynar (Gesamp, 1985). Bu açıdan bakıldığında, yağ çökme örneklerinde kirletici parametrelerin kimyasal analizi ile yerel atmosferdeki hava kirliliğinin derecesi hakkında önemli bilgilerde elde etmek mümkündür (Beryland vd., 1982).

Hava kirleticilerinin doğal kaynakları; volkanik patlamalar (SO_2 , H_2S ve CH_4 emisyonu), orman yangınları (duman, yanmamış HC, CO, NO_x), partiküler madde emisyonu (PM ve kül), toz fırtınaları (partiküler madde emisyonu), okyanuslar ve denizler

(su yüzeyinden tuz partikülleri halinde verilen aerosoller), bitkiler ve ağaçlar (HC emisyonu) olarak gösterilebilir. Antropojenik kaynaklar ise kendi içinde sabit kaynaklar ve hareketli kaynaklar olmak üzere iki alt gruba ayrılmaktadır. Uçaklar, motorlu taşıtlar, demiryolları ve gemiler antropojenik kaynakların hareketli kaynaklar grubuna dahil olmaktadır. Termik santraller, endüstriyel prosesler (özellikle demir-çelik, çimento ve kağıt sanayi) ve katı atık yakma tesisleri gibi kirletici kaynakları ise sabit kaynaklar içerisinde. Genel olarak doğal kaynaklardan meydana gelen kirletici emisyonları, antropojenik kaynaklara göre çok daha fazla olsa da antropojenik kaynaklardan çıkan kirleticiler küçük ölçeklerde konsantrasyonlarından ve atmosferden bertaraf edilmelerinde yeterli süre bulunmadığından ciddi zararlı etkileri görülmektedir (Ertürk, YTÜ Çevre Mühendisliği Bölümü, Ders Notları).

Yaş ve kuru çökme sonucunda atmosferden yeryüzüne geçen, sülfat, nitrat gibi anyonlar, toksik metaller, kırsal bölgelerde toprağın ve göllerin asitleşmesine neden olmakta, kentlerde ise insan sağlığını doğrudan etkileyebilecek düzeylere erişmekte ve toprağa çökmeleri sonucunda da insanların özellikle çocukların sağlığını dolaylı olarak etkilemektedir. Endüstriyel faaliyetler, konutlarda ısınma amaçlı olarak kullanılan fosil kökenli yakıtlar, motorlu taşıtlardan çıkan egsoz gazları ve fosil yakıtlara dayalı olarak enerji üreten termik santraller faaliyetleri sonucu havayı kirletmekte, kükürtdioksit, azot oksitler, partikül madde ve hidrokarbon yaymaktadır. İki ile yedi gün havada asılı kalabilen bu kirleticiler atmosferde çeşitli kimyasal reaksiyonlara uğrayarak zamanla çok uzaklara taşınabilmektedir. Bu kirleticiler, atmosferdeki su partikülleri ve diğer bileşenlerle tepkimeye girerek sülfüroz asit (HSO_3), sülfürik asit (H_2SO_4) ve nitrik asit (HNO_3) oluşumuna neden olmaktadır. Hiçbir yabancı maddeyle kirletilmemiş temiz atmosferde bile havanın bileşiminde bulunan karbondioksitin yağmur suyu içerisinde çözünmesine bağlı olarak yağmur suyu hafif asidik karakter taşır ve pH derecesi 5.6 civarındadır.

Çeşitli yanma olayları sonucu havaya karışan SO_2 , SO_3 , NO_x gibi gazlar atmosferde asit oluşumuna neden olmakta ve bunların yeryüzüne ulaşması ile asit yağmurları oluşmaktadır. Bunların yeryüzüne dönüşleri kuru ve yaş asit depolanması sonucu oluşur. Bu gazlar atmosferde gaz çevrimine girerek nitrik asit oluşumuyla sonuçlanan zincirleme reaksiyonları tamamlayarak asit yağmurlarının oluşmasını etkilemektedir.

Trabzon, Türkiye'nin Doğu Karadeniz kıyısında yer almaktadır. Nüfusun özellikle son yıllarda hızla artmakta olduğu hava kirliliği problemlerini de beraberinde getirmektedir ve bugüne kadar Trabzon il merkezinde ki Çevre İl Müdürlüğü'nün yaptığı kesikli SO_2 ve

partiküler madde ölçümleri dışında ciddi anlamda hava kirliliğini ölçmeye yönelik herhangi bir araştırma yapılmamıştır.

Bu çalışmada, Trabzon'un farklı bölgelerinde seçilen üç farklı noktadan (Valilik, Bahçecik, KTÜ kampüs) 1 yıl süre ile (Mayıs 2008 - Nisan 2009) yağış örnekleri toplanmıştır. Bu örneklerde pH, temel anyon (NO_3^- , NO_2^- , SO_4^{2-}) ve temel katyonlardan (Ca^{2+} ve Mg^{2+}) analizleri gerçekleştirilmiştir.

Bu çalışmanın amacı, Trabzon'a düşen yağış sularının temel iyonik bileşimini saptamak, elde edilen sonuçları literatür verileri ile kıyaslamak ve şehrin hava kalitesi hakkında genel bir fikir vermektir.

1.2. Hava Kirliliğini Meydana Getiren Kirleticiler

Hava kirleticileri havanın doğal bileşimini değiştiren gaz, sıvı veya katı halde olabilen kimyasal maddelerdir. Hava kirliliğini meydana getiren kirleticiler kaynaktan çıkışlarına, kaynaklarına ve kimyasal yapılarına göre üçe ayrılırlar.

1.2.1. Kaynaktan Çıkışlarına Göre Kirleticiler

Kaynaktan çıkışlarına göre kirleticiler; birincil kirleticiler ve ikincil kirleticiler olmak üzere ikiye ayrılırlar.

1.2.1.1. Birincil Kirleticiler

Bunlar kaynaktan doğrudan doğruya atmosfere salınan bileşiklerdir (SO_2 , H_2S , CO_2 , partiküller vb). Doğal ya da antropojenik kaynaklardan oluşan kirleticiler olabilirler. Deniz yosunlarının ortama verdiği gazlar, yanardağ veya orman yangınlarından atmosfere yayılan zararlı bileşikler, doğadaki biyolojik değişimler sırasında açığa çıkan karbon oksitler, doğal kaynaklı olup, enerji üretimi ve endüstriyel üretim süreçleri sırasında yakılan fosil yakıtlar ile motorlu taşıt araçlarından kaynaklanan emisyonlar antropojenik kaynaklar sınıfındadır (Türker, 2005).

1.2.1.2. İkincil Kirleticiler

Atmosferde gaz fazında bulunan bileşenlerin, kısaca gaz partikül dönüşümü adını verdiğimiz çeşitli kimyasal süreçlerden geçerek yoğunlaşması ile oluşan bileşiklerdir (SO_3 , H_2SO_4 , NH_4NO_3 , NH_4Cl vb) (Türker, 2005).

1.2.2. Kaynaklarına Göre Kirleticiler

1.2.2.1. Doğal Kaynaklardan Oluşan Kirleticiler

Deniz yosunlarının ortama verdiği gazlar, yanardağ veya orman yangınlarından atmosfere yayılan zararlı bileşikler, doğadaki biyolojik değişimler sırasında açığa çıkan karbon oksitler, metan gibi gazlardır.

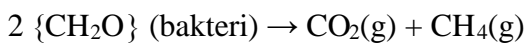
1.2.2.2. Yapay Kaynaklardan Oluşan Kirleticiler

Fosil kaynaklı yakıtların (odun, kömür, benzin, fuel-oil, vb.) yanması sonucunda ortaya çıkan; partiküller, SO_2 , NO_x , hidrokarbonlar gibi gazlardır.

1.2.3. Kimyasal Yapılarına Göre Kirleticiler

1.2.3.1. Organik Gazlar

Organik hava kirleticilerin bir kısmı doğrudan kaynağından çıkarak atmosfere karışırken bir kısmı da atmosferdeki bir takım tepkimelerle meydana gelirler. Bir kısım organik kirleticiler doğal kaynaklardan yayılırlar. İnsan eylemlerinden kaynaklanan hidrokarbonlar atmosferdeki toplam hidrokarbonların ancak 1/7'sidir. Organik maddelerin sudaki parçalanmaları sırasında anaerobik bakteriler tarafından atmosfere çok büyük miktarda metan salınır. Ayrıca toprak ve çökeltiler de atmosfere metan salınmasına katkıda bulunurlar.



Troposferde 1,4 ppm metan bulunmaktadır. Troposferdeki metan, CO ve O₃'ün fotokimyasal üretimine katkıda bulunmaktadır.

Bitki örtüsü atmosferik hidrokarbonların önemli kaynaklarından. Atmosferdeki 367 organik bileşik türü bitki örtüsü tarafından oluşturulur. Bunlardan etilen, terpenler, esterler başlıcalarıdır. İnsan eylemlerinden kaynaklanan organik hava kirleticiler de hidrokarbonlar, aromatik hidrokarbonlar, aldehitler, ketonlar, alkoller, fenoller, oksitler, karboksilik asitler, organohalojenür bileşikleri, organosülfür bileşikleri, organoazot bileşikleri olarak sıralanabilir.

1.2.3.2. İnorganik Gazlar

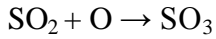
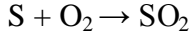
İnorganik kirletici gazların çoğu insan eylemlerinin bir sonucu olarak atmosfere karışır. Bunların başlıcaları CO₂, CO, SO₂ ve NO_x'dir.

Karbondioksit (CO₂): Havada çok az oranda, %0-0,03 arasında bulunmasına karşın miktarı ve değişkenliği nedeniyle CO₂ yaşamsal önemi olan bir gazdır. Havadaki CO₂ miktarı karalar üzerinde denizlerdekinden fazladır ve karalar da şehirler civarında özellikle geceleri bu miktar daha da artar. Çünkü şehirlerde insan ve diğer canlıların sayıları fazladır ve fabrika bacalarından çıkan CO₂ oranı yüksektir. Atmosfere karışan CO₂'in yaklaşık %80-85'i fosil yakıtların kullanılması sonucunda oluşarak atmosfere karışmakta, %15-20'si de canlıların solunumundan ve mikroskopik canlıların organik maddeleri ayrıştırmasından kaynaklanmaktadır (Mitscherlich, 1995).

Karbonmonoksit (CO): Karbonmonoksit; renksiz, kokusuz ve tatsız bir gaz olup karbon içeren yakıtların eksik yanmasıyla ortaya çıkar. Primer bir hava kirletici olan CO, oksijen eksikliği, tutuşma sıcaklığı, yüksek sıcaklıkta gazın kalıcılık zamanı ve yanma odası türbülansı gibi etkenlerden birinin eksikliğinde tam olmayan bir yanma sonucunda CO₂ yerine meydana gelmektedir (Masters, 1991). Kararlı bir gaz olan CO'nun atmosferde kalıcılık süresi iki aydan fazladır. Dünyadaki CO üretiminin yaklaşık %70'inden fazlasının ulaştırma sektöründen geldiği bilindiğine göre bu sektördeki kontrol teknolojilerinin önemi açıkça görünmektedir. Ayrıca bütün dünyada CO üretiminin aşağı atmosferde kalması halinde ise bu kararlı gazın her yıl 0,03 ppm mertebesinde artacağıda hesaplanmaktadır. Şehir havasında bulunan karbonmonoksit insan sağlığına son derece önemli etkilerde bulunmaktadır. Bu etkilerden en önemliside karbonmonoksitin kandaki vücut hücrelerinin

oksijen taşıma kabiliyetini azaltılmasıdır. Sonuç olarak bu durum vücudun oksijen miktarını ciddi bir şekilde azaltarak ölümlere sebep olmaktadır (Incecik, 1994).

Kükürdioksit (SO₂): Gaz halindeki kirleticiler arasında yanıcı olmayan renksiz bir gaz olan kükürt oksitler en çok bilinen primer hava kirleticilerindendir. Atmosferde kalıcılık süresi 40 günü bulmaktadır. Çoğunlukla fosil yakıtların yanması sonucunda açığa çıkan kükürt havada derhal oksidasyona uğrarlar. Bu oksidasyon iki aşamada gerçekleşir:



Antropojenik kükürt oksitlerin %80'inden fazlasının endüstriyel kaynaklardan meydana geldiği tahmin edilmektedir (Agren, 1991). Bu emisyonların dünya üzerindeki durumuna bakıldığında en büyük payın Avrupa ve ile Kuzey Amerika olduğu görülür. SO₂'nin sayısal değerleri incelendiğinde, bütün dünyada her yıl salınan küresel emisyonların 132 milyon tonu, antropojenik emisyonların ise 50-75 milyon tonu bulunduğu tahmin edilmektedir (Butler, 1979). Avrupa'da ise her yıl yaklaşık 20 milyon tonun üzerinde kükürtün salındığı bilinmektedir (Agren, 1991). Batı avrupa'da ise en büyük salınımı yapan ülke ise 2.56 milyon ton ile İngiltere'dir. Tüm dünyada ise yılda yaklaşık olarak 80 milyon ton SO_x atmosfere salınmaktadır. Bu dünya SO₂ konsantrasyonunu her yıl 0.006 ppm olarak arttırmaktadır. Asit ve sülfatlar yağış yoluyla ancak 43 günlük bir süre içerisinde atmosferden uzaklaştırılmaktadır (Incecik, 1994). Sülfat aerosolleri, genel olarak SO₂'nin sülfürik aside oksitlenmesi ve daha sonra amonyak tarafından çeşitli derecelerde nötralizasyona uğraması sonucunda meydana gelir. Sülfat aerosollerinin SO₂ dışındaki en önemli önsürücüsü denizdeki fitoplanktonlar tarafından üretilen dimetil sülfür (DMS-(CH₃)₂S) bileşiğidir. Bu bileşik atmosferde sülfata oksitlenmektedir (Bandy vd., 1992).

Azot oksitler (NO_x): Renksiz, kokusuz bir gaz olup yüksek sıcaklık altında yanma sonucunda ortaya çıkar ve yanmanın tüm şekillerinde daima meydana gelmektedir. İnsan kaynaklı NO₂ ise gübreleme gibi hareketsiz kaynaklardan olduğu kadar araçlar gibi hareketli kaynaklardan da oluşmaktadır. Genel olarak kaynakları egsoz gazları fosil yakıtlar ve organik maddeler olarak sıralanabilir. NO ve NO₂ şeklindeki atmosferik konsantrasyonların birleşik değeri NO_x ile temsil edilmektedir. Atmosferde kalıcılık süresi yaklaşık bir yıldır. Ancak NO ve NO₂'nin NO_x bileşenlerinden N₂O'nin atmosferde çok

daha uzun süreler kaldığı belirlenmiştir. N₂O gazının atmosferik ömrü yüzyıldan fazladır (Denhez, 2007).

NO_x'in en doğal kaynaklarından biri de topraktaki organik çürümelerdir. Ayrıca fotokimyasal olarak reaksiyona giremeyen NO_x bileşenleri de bu miktarlar arasında dahil olacaktır. Azot dioksit seviyelerinin standartları aşan değerlerinin sağlığa olan ters etkilerinin yanı sıra bu kirleticilerin SO₂' ile birlikte yüksek miktarlarda bulunması insan sağlığına yaptığı olumsuz etkiyi daha da şiddetlendirmektedir (Incecik, 1994). Global olarak her yıl atmosfere yaklaşık 150 milyon ton NO_x'in salındığı hesaplanmaktadır. Bu miktarın yaklaşık yarısı doğal kaynaklardan yarısı da insani kaynaklardan gelmektedir (Incecik, 1994). Nitratlar, azot oksitlerin (NO_x) nitrik aside oksitlenmesi ve daha sonra amonyak ya da sodyum klorürle tepkimesi sonucunda oluşurlar. Atmosferik nitrat, sülfatın aksine büyük ölçüde antropojenik yollardan (fosil yakıtların yakılması, trafik emisyonları, nitrik asit ve gübre üretimi, vs.) kaynaklanırken tarımsal topraklardaki nitrifikasyon ve denitrifikasyon süreçleri ile gökyüzünde çakan şimşek olayları gibi doğal kaynaklar küçük ölçüde katkıda bulunur (Katsoulis, 1990).

1.2.3.3. Partiküller

Partiküller hava kirleticiler içerisinde önemli bir yere sahiptir. Partiküler madde tanım olarak atmosferde standart şartlarda katı (toz, duman, kül, asbest, vb.) ya da sıvı (sis, duman, yağ ve asitler gibi) olarak bulunan birleşmemiş su dışındaki maddelere denilir. Partiküllerin başlıca kaynaklarını çimento fabrikaları, metal endüstrisi ile araçlar oluşturur. Volkanlar ise partikül emisyonları bakımından en önemli doğal kaynaktır.

1.3. Hava Kirleticilerinin Taşınması ve Birikimi

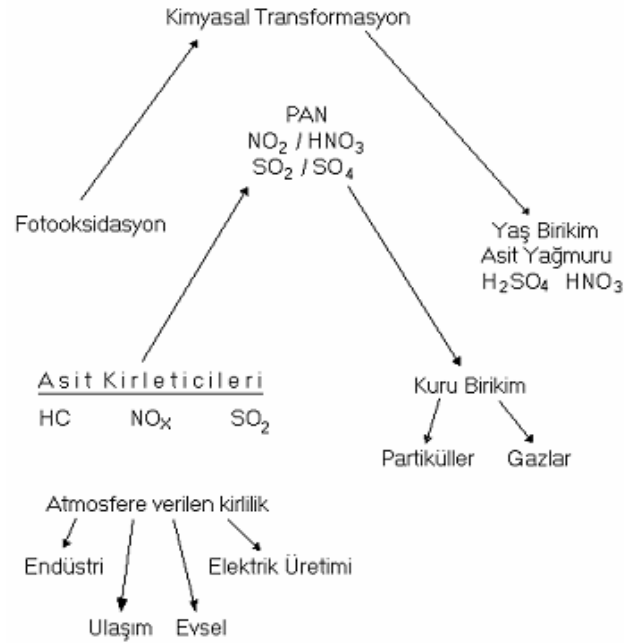
1.3.1. Hava Kirleticilerinin Taşınması

Hava kirleticileri, yoğunluklarının çok az olması nedeniyle çok hızlı hareket edebilme özelliğine sahiptirler. Buna bağlı olarak uygun meteorolojik koşullar altında bir kaynaktan dış ortama verilen kirletici gaz ve tozlar hava akımları vasıtasıyla dağılarak kirleticilerin seyrelmesi sonucunda kaynaktan çıkan kirleticiler ve çevresindeki hava

temizlenir. Kaynaklarından çıkan kirleticiler atmosferik hava hareketleri ile kentsel alana birkaç saat, bir kentten diğerine birkaç gün, bir ülkeden diğer ülkeye birkaç yıl, dünya çapında ise on yıl gibi bir zamanda dağılarak etkileşim gösterirler (Refik Saydam Hıfzısıhha Merkezi Başkanlığı, 2001).

1.3.2. Hava Kirleticilerinin Birikimi

Kirleticiler atmosferde bir süre taşındıktan sonra; çökme, seyrelme, kimyasal reaksiyonlara girme gibi değişik proseslerle atmosferden uzaklaşarak yeryüzünde toplanırlar. Bu olay “birikim” olarak tanımlanır. Birikim, yağ ve kuru birikim şeklinde sınırlanmaktadır. Olayın tümü bir transformasyon içinde düşünülebilir (Şekil 1). Kirleticilerin transformasyonu fiziksel (kuru birikim) olduğu gibi kimyasal (yağ birikim) veya fiziksel, kimyasal ve biyolojik değişim aşamalarının tümünün bir arada gerçekleşimi ile mümkündür. Örneğin, kirleticiler partikül yüzeyine tutunarak kuru birikime, kar, yağmur, dolu, çığ gibi hidrometeorlarla yağ birikime uğrayarak yeryüzünde birikirler (Refik Saydam Hıfzısıhha Merkezi Başkanlığı, 2001).



Şekil 1. Kimyasal Transformasyon

1.4. Hava Kirliliğinin Etkileri

Özellikle yapay kaynaklarda dış ortama verilen kirleticilerin yıllık miktarları, birkaç yüz tondan milyonlarca tona kadar ulaşmaktadır. Bunlar oluştukları alan ve miktarlarına bağlı olarak, değişen ölçülerde etki meydana getirirler. Havaya karışan kirleticilerin insanlarca solunması (doğrudan doğruya maruziyet), havadan toprak, bitki, hayvan ve diğer çevresel ortamlara geçerek biriken kirleticilerin içme suyu ve besin zincirine karışmaları (dolaylı maruziyet) ile vücuda giren kimyasalların birikimi ve emilimi sonucunda meydana gelen olumsuz sağlık etkileri hava kirliliğinin en önemli etkisidir. Hava kirliliği, çevrenin bir parçası olan eşyalar üzerinde de olumsuz etki gösterir. Örnek olarak, havada rutubetin artması ile ortamda bulunan kükürt veya azot oksitlerin kimyasal reaksiyonu sonucunda oluşan asitlerin, binalara ve sanat eserlerine yaptıkları tahribat gösterilebilir. Aşırı miktarlarda atmosfere verilen CO₂'in global ısınmayı artırması, mevsim değişikliklerine neden olması sonucunda ekosistem üzerinde meydana gelen olumsuz değişiklikler de bir başka örnek olarak verilebilir (Refik Saydam Hıfzısıhha Merkezi Başkanlığı, 2001).

1.5. Hava Kirliliğinde Ölçme Yöntemleri

Modern yaşamın bir sonucu olarak ortaya çıkan hava kirlenmesi başta katı, sıvı ve gaz yakıtların yakılması olmak üzere günlük endüstriyel üretim, ulaşım, ısı ve ışık elde etmek için yapılan endüstriyel faaliyetlerden kaynaklanmaktadır. Gelişmiş ülkeler tarafından uzun yıllar önce ele alınan çevre sorunları ülkemizde de 1983 yılında 2872 sayılı Çevre Kanunu'nun yürürlüğe girmesiyle yasal bir temele oturtulmuştur. Bu kanun gereğince 2 Kasım 1986 tarihinde yürürlüğe giren "Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliği" hava kirliliği sorununa emisyon denetimi ile yaklaşmaktadır. Buna göre her tesis kendi üretim türü ve büyüklüğü ile ilişkili olarak kirletici özelliklerini beyan etmek zorundadır. Emisyon beyanı, atmosfere atılan atık gazların taşımış olduğu kirleticilerin standartlar çerçevesinde ölçülmesi ve değerlendirilmesini içermektedir. Hava kirliliğini sadece tesislerden yayılan kirleticilerin ölçümü ve kontrolü ile önlemek yeterli olmamaktadır. Özellikle kirlenme miktarı ile sağlık ve benzeri etkiler arasındaki ilişkiler, meteorolojik ve dış hava kalitesi ölçümleri ile belirlenebilmektedir. Bu çerçevede hava kalitesi ve kirliliği ile ilgili ölçümler üç ana grupta toplanır:

- a) Sabit ve hareketli kaynaklarda ölçümler
- b) Meteorolojik ölçümler
- c) Dış hava kalitesi ölçümleri
- a) Sabit ve hareketli kaynaklarda ölçümler

Bu ölçümler çeşitli faaliyetler sonucunda oluşan ve baca vasıtasıyla atmosfere atılan atık gazların ve taşıtların eksozlarından çıkan yanma ürünlerinin ölçümünü içermektedir. Bu ölçümlerde kaynakta bir gaz numune alma deliği açılarak gaz örneği emilir ve standartlar çerçevesinde analizleri yapılır.

- b) Meteorolojik ölçümler

Meteoroloji istasyonlarında genellikle; yer yüzeyine yakın hava sıcaklığı, yüksek hava sıcaklığı, çeşitli derinliklerdeki toprak sıcaklığı, nehir, göl ve deniz sıcaklığı ölçülür ve kaydedilir.

- c) Dış hava kalitesi ölçümleri

İnsan ve çevre sağlığı açısından üzerinde durulması gereken nokta dış hava kalitesidir. Bu sebeple dış hava kalitesi ölçümleri en çok ilgi ve özen gösterilen ölçümlerdir. Dış hava kalitesi ölçümleri genelde iki grupta yapılmaktadır. Bunlar partikül madde ve gaz ölçümleridir.

1.6. Hava Kalitesi ve Sınır Değerleri

Hava kalitesi insan ve çevresi üzerine etki eden hava kirliliğinin bir göstergesidir. Çevre havasında hava kirleticilerinin miktarlarının artması hava kalitesini azaltmaktadır. Hava kalitesi sınır değerleri, insan sağlığının korunması amacıyla çevrede kısa ve uzun vadeli olumsuz etkilerin ortaya çıkmaması için atmosferdeki hava kirleticileri bir arada bulduklarında, değişen zararlı etkileride göz önüne alınarak tespit edilmiş derişimlerle ifade edilen seviyelerdir. Genellikle hava kalitesi sınır değerleri; uzun vadeli sınır değerler (UVS) ve kısa vadeli sınır değerler (KVS) olmak üzere iki şekilde tanımlanmaktadır. UVS, hava kirleticilerinin düşük miktarlarının uzun sürede solunmasıyla ortaya çıkan kronik etkiler için verilen üst sınır değerleri gösterir. KVS ise, kısa sürede hava kirleticilerinin yüksek derişimlerinin solunmasıyla ortaya çıkan kısa süreli akut etkiler için belirtilen sınır değerleri göstermektedir. Hava kalitesi sınır değerleri için kullanılan derişim birimleri aşağıda verilmiştir:

a) Kütle Derişimi: Havanın birim hacminde hava kirleticisinin kütle miktarıdır ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

b) Hacim Derişimi: Havanın milyon hacmindeki hava kirleticisinin hacim miktarıdır (ppm).

c) Çöken Toz Derişimi: Birim zamanda birim yüzeyde toplanan toz kütlesi miktarıdır ($\text{g}/\text{m}^2\text{-gün}$).

Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliği'ne göre çeşitli hava kirleticiler için verilen UVS ve KVS değerleri Tablo 1'de verilmiştir (Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği 2008 Sayı No.26898).

Tablo 1. Çeşitli hava kirleticiler için UVS ve KVS değerleri

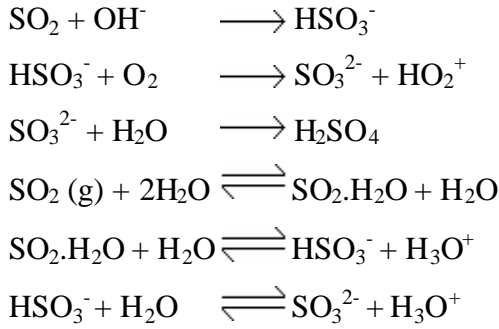
	Birim	UVS	KVS
SO ₂			
SO ₃ (dahil)			
a) Genel	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	150	400 (900)
b) Endüstri Bölgeleri	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	250	400 (900)
CO	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	10000	30000
NO ₂	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	100	300
NO	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	200	600
Cl ₂	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	100	300
HCl ve gaz halde anorganik klorürler	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	100	300
Ozon (O ₃) fotokimyasal oksitleyiciler	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	-	(240)
Hidrokarbonlar (HC)	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	-	140 (280)
H ₂ S	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	-	40 (100)
Havada asılı partikül maddeler (PM) 10 mikron ve daha küçük partiküller			
a) Genel	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	150	300
b) Endüstri Bölgeleri	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	200	400
PM içinde kurşun (Pb) ve bileşikleri	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	2	-
PM içinde kadmiyum (Cd) ve bileşikleri	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	0,04	-
Çöken tozlar (10 mikrondan büyük partiküller dahil)			
a) Genel	$\mu\text{g}/\text{m}^2\text{-gün}$	350	650
b) Endüstri Bölgeleri	$\mu\text{g}/\text{m}^2\text{-gün}$	450	800
Çöken tozlarda kurşun (Pb) ve bileşikleri	$\mu\text{g}/\text{m}^2\text{-gün}$	500	-
Çöken tozlarda kadmiyum (Cd) ve bileşikleri	$\mu\text{g}/\text{m}^2\text{-gün}$	7,5	-
Çöken tozlarda talyum ve bileşikleri	$\mu\text{g}/\text{m}^2\text{-gün}$	10	-

*Parantez içindeki değerler referans maksimum saatlik sınırlama değerleridir.

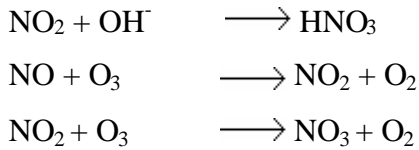
1.7. Yaş Çökme ve Yağmur Sularının Asitliği

Yağmur suyunun asitliği, atmosferdeki asidik (CO_2 , H_2SO_4 , HNO_3 , HCOOH) ve bazik (NH_3 , CaCO_3) türlerin sulu ortamda uğradığı asit-baz tepkimelerinin dinamik bir sonucudur. Atmosferdeki gaz fazındaki kükürt (SO_x) ve azot oksitler (NO_x), H_2SO_4 ve HNO_3 gibi temel asitlerin öncülleri olduklarından yağmur suyu içinde çözüldüklerinde H^+ , sülfat (SO_4^{2-}) ve nitrat (NO_3^-)'a dönüşerek asit yağmurlarına neden olurlar (Likens vd., 1979). Bu nedenle sülfat ve nitrat temel asidik iyonlar olarak adlandırılmaktadır.

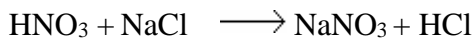
Atmosferdeki SO_2 , homojen ve heterojen süreçlerle sülfürik aside dönüşür. Tepkimeler aşağıda verilmiştir (Stockwell vd., 1983).



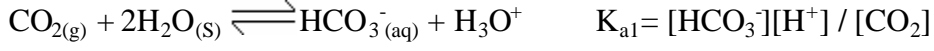
Azot oksitler ise gün ışığında hidroksil radikali, gece ise ozon vasıtası ile sırası ile nitrik asite ve nitrata dönüşürler. Tepkimeler aşağıdadır;



Amonyum derişiminin düşük olduğu deniz atmosferinde ise nitrik asit aşağıdaki tepkime uyarınca partikül nitrata dönüşür (Ottley ve Harrison, 1992).



Atmosferin doğal bileşeni olan CO_2 'de yine atmosferdeki su içerisinde çözüldüğünde zayıf bir asit olan karbonik asidi oluşturur ($K_{a1} = 4.45 \times 10^{-7}$, $T=25^\circ\text{C}$).



Henry yasasına göre karbondioksitin çözünürlüğü kısmi basıncı ile doğru orantılıdır:

$$[\text{CO}_{2(\text{aq})}] = K_H \times P_{\text{CO}_2}$$

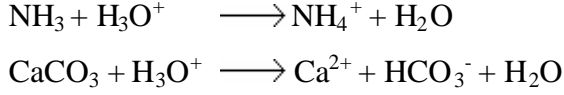
Karbondioksit'in 25 °C'deki Henry Sabiti, $K_H = 3,4 \times 10^{-2}$ mol/L.atm, atmosferdeki CO_2 derişimi 365 ppm olarak alınırsa kirletilmemiş temiz atmosferde yağmur suyunun pH'ı 5.6 olarak bulunur. Yukarıdaki eşitlikler kullanılarak yağmur suyundaki bikarbonat iyonu derişimi de hesaplanabilir (Granat, 1972).

$$[\text{HCO}_3^-] = K_{a1} \cdot K_H \cdot P_{\text{CO}_2} / [\text{H}_3\text{O}^+]$$

Yağmur sularının asitliğini etkileyen diğer bileşenler ise organik asitlerdir ve bunların arasında özellikle formik asit (HCOOH); metan (CH_4) ve formaldehitin (HCHO) oksidasyonundan kaynaklanarak yağmur suyunun anyon derişimine katkıda bulunur (Keene vd., 1983). Formik asit genelde zayıf bir asit olarak sınıflandırılmasına rağmen yağmur suyunda $\text{pH} > \text{p}K_a$ olduğu zaman hemen tamamen ayrışmaya uğradığından ($\text{pH} = 4.7$ de ayrışma yüzdesi %90) güçlü asitler kadar etkin bir proton vericisi gibi davranır (Vong, 1990). Fakat bu bileşenlerin belirli bazı coğrafik bölgelerde asitliği önemli ölçüde değiştirmedeği de ileri sürülmüştür (Keene ve Galloway, 1984).

1.8. Asitliğin Nötralizasyonu

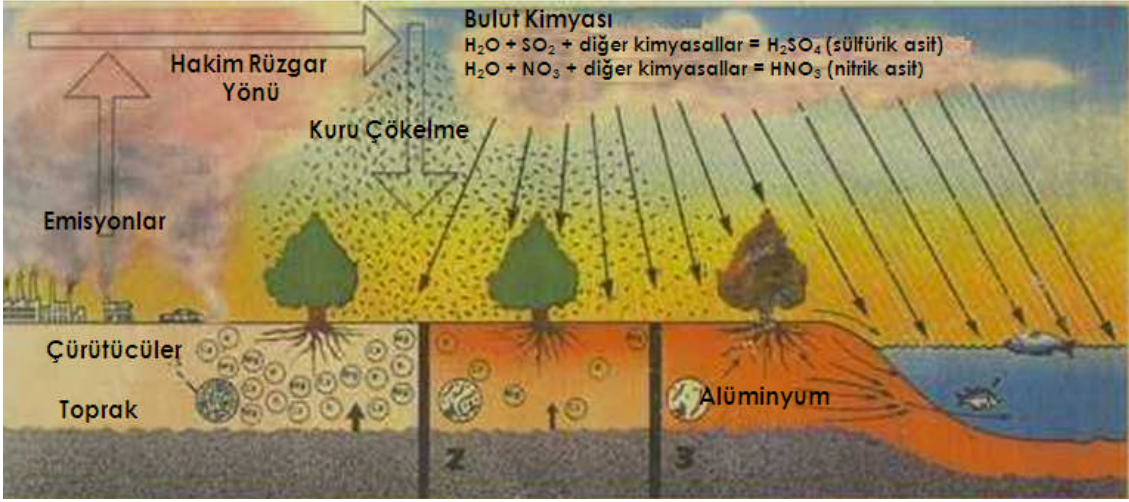
Atmosferde sadece asidik değil aynı zamanda alkali karakterli bileşenler de mevcuttur. Bunların en önemlileri de gaz fazındaki amonyak (NH_3) ile aerosol kalsitir (CaCO_3). Bu türler yağmur suyunun sahip olduğu pH derecelerinde kuvvetli baz gibi davranarak hidronyum (H_3O^+) iyonları ile tepkimeye girerler ve sırası ile NH_4^+ ve HCO_3^- iyonlarını oluştururlar. Bu tepkimeler de yağmur suyunun pH'ının yükselmesine neden olur (Loye-Pilot vd., 1986; Mamane vd., 1987).



Yağmur suyunda ölçülen amonyum derişimi, yağmur damlalarıyla etkileşen amonyak miktarını yansıtmamasına rağmen ölçülen bikarbonat derişimi gerçekte tepkiyen kalsit miktarının göstergesi değildir. Kalsitin suda çözünmesi ile bir mol kalsiyum iyonuna karşılık bir mol de bikarbonat iyonu açığa çıktığında yağmur suyunda ölçülen kalsiyum iyonu derişiminin alkali girdileri daha iyi temsil ettiği düşünülebilir. Yağmur suyunda ölçülen nitrat ve amonyum derişimleri, doğrudan atmosferde mevcut nitrik asit ve amonyak miktarlarını yansıtmamasına rağmen sülfat ve kalsiyum derişimleri için durum biraz daha karmaşıktır. Çünkü bu iyonların atmosferdeki derişimlerine yine havadaki deniz tuzundan olan katkılar ihmal edilemeyecek seviyelerdedir.

1.9. Asit Yağmurları ve Etkileri

Asit yağmurları kükürt ve azot dioksitlerin atmosferdeki nemle birleşerek sülfürik ve nitrik asitli yağmur, kar ya da dolu oluşturması biçiminde kirliliğe yol açmasıdır (Şekil 2) (Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü “Asit yağmurları ve etkileri” 2008). Bu tür yağmurda tanecikler siste asılı olarak süspansiyon oluşturabilir ya da kuru halde birikebilirler. Asit yağmurlarının verdiği ileri sürülen zararın bir bölümünün aslında bazı doğal nedenlerden kaynaklandığı yapılan araştırmalar sonucunda anlaşılmışsa da, petrol ve kömür yanmasından oluşan kükürt dioksit ile otomobil motorlarından çıkan azot oksidin, asit yağmuru sorununu büyük ölçüde şiddetlendirdiği kesindir. Kirliliğe yol açan tanecikler, kaynaklarından binlerce kilometre uzağa rüzgarla taşınabilir. Sözelimi A.B.D'nin kuzey doğusundaki asit yağmurlarına, Kanada'dan yayılanlar da katılmış, Kanada'nın doğusundaki kükürt içeren yağış, A.B.D 'den kaynaklanmıştır.



Şekil 2. Asit yağmuru oluşumu

Bilim adamlarının tümü asit yağmurlarının denetlenmesi için bir an önce yasalar çıkarılmasını istemektedirler. Ne var ki söz konusu yasaların yol açacağı harcamalar çok yüksektir, bu yüzden de sorunun çözülmesi sürekli ertelenmektedir. Ekonomik faaliyet, kıtlığa karşı yapılan bir savaştır. İnsan bu savaşta bir takım değerleri üretip tüketirken başka bir değer olan kaliteli çevre'yi de tüketmektedir. Hava, su, toprak gibi biri kirlendiği zaman beraberinde, zincirleme olarak, diğerleri ve bunlardan yararlanan insanlar da kirlenmekte ve yok olmaktadır.

Hava kirliliği, ışınların yere ulaşmasını ve atmosfere yayılmasını da engelleyerek iklim üzerinde olumsuz etki yapmaktadır. Asit yağışları yapraklardaki klorofilin bozulmasına ve bitkinin sararıp kurumasına neden olmaktadır.

Bilindiği gibi bitkiler, fotosentez sırasında CO_2 tüketir. Asit yağmurları, bitkileri kurutarak, diğer yandan atmosferdeki CO_2 (karbondioksit) miktarının artması için ortam hazırlamaktadır. Başka bir anlatımla, bir olumsuzluk bir başka olumsuzluğu üretmektedir.

Asit yağmuru toprağın kimyasal yapısını ve biyolojik koşullarını etkilemektedir. Toprağın yapısında bulunan kalsiyum, magnezyum gibi elementleri yıkayarak taban suyuna taşımakta, toprağın zayıflamasına ve tarımsal verimin düşmesine neden olmaktadır. Toprağın asitleşmesine en çok katkıda bulunan maddeler, atmosferde birikme sonucu toprağa geçen kükürt bileşikleridir. Azot bileşikleri ise bitkilerin özümseyeceği miktardan fazla olduğu zaman toprağın asitleşmesinde rol oynamaktadır.

Asitleşmenin çevre üzerindeki önemli etkilerinden biri de, endüstriyel faaliyetler sonucu oluşan asit nemidir. Asit nemi, toprağa ya da göl yataklarına inmiş civa, kadmiyum

ya da alüminyum gibi zehirli maddelerle tepkimeye girebilmekte ve normal koşullar altında çözünmez sayılan bu maddeler, asidik nemle tepkimenin sonucunda, besin zinciri ya da içme suyu yoluyla bitki, hayvan ve insana ulaşır toksik etkiler yaratmaktadır. Ağaç köklerinin besin toplama yeteneğinin bozulmasının sorumlusu da gene asitleşme sonucunda toprakta harekete geçen alüminyumdur.

İlk kez Kuzeybatı Avrupa’da ortaya çıkan ve etkileri bilimsel olarak saptanan asit yağmuru, 1972 Birinci Uluslararası Dünya Çevre Kongresi’nde İsveçliler tarafından gündeme getirilmiştir.

Ülkemiz ormanlarında da, asit yağışlarının orman ağaçları üzerindeki olumsuz etkileri, lokal olarak görülmektedir. Bunların başında Murgul-Göktaş, Samsun -Gelemen ve Muğla -Yatağan gelmektedir. (Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü “Asit yağmurları ve etkileri” 2008).

1.9.1. Alınacak Önlemler

- Yakıtların (araç ve meskenlerde) kalitesi kontrol edilmeli,
- Hava kirliliğine dayanıklı bitkiler (böğürtlen, ıspanak, kızcılık, vb. gibi) ekilmeli,
- Kışın yaprak döken bitkiler ekilmeli,
- Kentlerin kurulma yerleri topografik açıdan iyi saptanmalı,
- Bacalara filtre takılmalı,
- Yakıtlardaki kükürt oranı azaltılmalı,
- Alternatif enerji kaynakları kullanılmalı (Güneş, rüzgar, gelgit, akıntılar, biyogaz, biomass, jeotermal enerji, endüstriyel ve evsel atıklar gibi).
- İnsanoğlu çevreyi içselleştirecek şekilde bizzat kendisi öğrenmeli,

Kısaca; konunun sosyolojik, ekonomik ve politik boyutları aynı anda alınmalı ve hemen uygulamaya geçilmelidir. Bunların içinde en önemli olanı ise yaşam ve eğitimi birleştiren uygulamalar olacaktır.

1.10. Trabzon İklimi ve Meteorolojisi

Trabzon ili, kuzeydeki kutupsal hava kütleleriyle, güneydeki tropikal hava kütlelerinin geçiş sahası üzerinde yer alır. Kışın, güneşin yörüngesel hareketlerine bağlı olarak, Tropikal Yüksek Basınç'ın güneye inmesiyle, genellikle kuzeyden gelip Anadolu yüksek kara parçası üzerine yerleşmiş bulunan Sibiryaya Antisiklonu'nun ve kuzeyde Doğu Avrupa üzerinde yer alan kutupsal hava kütlelerinin etkisindeki bir değişken saha özelliği taşır. Ancak, atmosferin yeryüzüne yakın kısımlarında, kış sıcaklıkları, kuzeyde Karadeniz'in varlığı ve kıyıya yakın mesafede set gibi uzanan Doğu Karadeniz Dağları'nın bulunuşu nedeniyle, aynı enlemlerdeki diğer sahalara göre oldukça ılıman hale gelir.

Yağışlar, kışın kıyıya yakın alanlarda yağmur, orta ve yüksek kesimlerde ise genellikle kar şeklindedir. Yazın ise yeryüzüne yakın atmosfer bölümlerinde Azor Yüksek Basınç Alanı'nın uzantıları ve Basra Alçak Basınç Merkezi arasında gelişen kuzey sektörlü hava akımları ile Karadeniz üzerinden taşınan nemli kara kütleleri, kıyı kesiminde orografik yağışlara yol açmakta, zaman zaman yine kuzeyden sokulan serin hava baskınları ile soğuk cephe sağanak yağışları da sık sık görülmekte, yüksek seviyelerin soğuk hava damla durumlarında büyük kararsızlık ve önceden kestirilemeyen gelişmeleri ile bol yağışlar düşmektedir. Bölgede bu mevsimde ortalama sıcaklık 18,8°C civarındadır.

Bahar mevsimleri kış ve yaz arasında yumuşak bir geçişi sağlamakta ve bol yağmurlarıyla dikkati çekmekte, özellikle kıyıya yakın alanlar bu aylarda yoğun tarımsal faaliyetlere sahne olmaktadır. İlbahar mevsimi Mart ayından itibaren kendini göstermeye başlar, Nisan ve Mayıs aylarını içine alır. Bu mevsimde aylık ortalama sıcaklıklar 15°C'nin üzerine çıkar. Sonbahar mevsimi ise yaklaşık üç aylık bir dönemi kapsar ancak Eylül ayı kısmen yaz, Kasım ayı da nispeten kış mevsimi özelliklerini taşır.

Aktüel basınç değerlerinin Trabzon için yıllık gidişine bakıldığında toplam 1011,1 mb'lık bir değer olduğu görülür. Yaz aylarında basınç diğer aylara göre düşüktür, oysa kış aylarında yıllık ortalamanın üzerine çok az çıkar. Rüzgar yönü frekansları, sahada etkili olan basınç merkezlerinin yıl içindeki hareketleri, yer şekli özellikleri ve Karadeniz'in etkisi altındadır. Karadan ve denizden esen meltem rüzgarları kuzey ve güney yönlü rüzgarların hakimiyetini hissetmektedir. Deniz kıyısına yakın kesimlerde güney ve güneybatıdan esen rüzgarlar daha etkilidir. Fön rüzgarları Şubat, Mart ve Nisan aylarında görülmekte ve yılda ortalama on iki günü bulabilmektedir.

Trabzon ilinde yıllık yağış miktarı, maksimum yağış miktarı ve yıl içindeki gidişi (Tablo 2), sahanın Karadeniz'e cephe olması nedeniyle yağış şartlarının oluşumunda, hemen kıyıdağ itibaren artan bir eğimle yükselen kara sathı ile Karadeniz'in sıcaklığa bağlı ilişkisi etkili temel faktördür. Yağış şartlarının kısa mesafelerde değişiklik göstermesi (mikroklima alanları) yöremizin önemli bir özelliğidir. Bu nedenle İlimizde gerek kıyı boyu ve gerekse iç kesimler arasında farklılıklar gösterir (Trabzon Meteoroloji Bölge Müdürlüğü, 2008; 2009).

Tablo 2. Mayıs 2008-Nisan 2009 arası ortalama yıllık yağış miktarı ve maksimum yağış miktarı

Aylar	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4
Yıl	2008	2008	2008	2008	2008	2008	2008	2008	2009	2009	2009	2009
Ort. toplam yağış miktarı (mm)	56.0	27.5	10.1	17.0	134.2	144.1	28.6	73.4	56.1	65.2	77.5	43.1
Maksimum yağış miktarı (mm)	18.8	20.5	3.7	4.6	33.6	44.1	12.0	22.7	17.0	23.4	16.4	18.5

Yörede nisbi nem oranlarının yaz mevsiminde yüksek olduğu ve özellikle iç kısımlara doğru arttığı görülmektedir. Bu mevsimde Karadeniz kuzeyinden olan buharlaşmanın, havanın sakin olduğu zamanlarda kıyıya yakın kesimleri etki altında bulundurması ve zamanla güneydeki yüksek alanlarda oluşan alçak basınç merkezine doğru yönelen meltem rüzgarları sayesinde, nemin doğrudan buralara taşınması nedeniyle, yayla alanlarında çoğu zaman öğleye kadar devam eden açık-berrak bir hava hali ardından vadiler boyunca yükselen su buharı, sahayı tamamen kaplamakta ve bazen günlerce çekilmemektedir.

1.11. Ülkemizde Gerçekleştirilen İlgili Çalışmalar

Hava kirliliğinin meteorolojik parametrelerle ve yağmur suları ile olan ilişkiyi ortaya koyan birçok çalışma yapılmıştır. Son yıllarda İzmir'de yapılan bir çalışmada yağ çökelmenin sahip olduğu ortalama pH: 6,1 olarak saptanmıştır. Ayrıca ölçülen pH değerlerinin %94'ünün 5'in üzerinde olduğu ve nötralizasyonun bölge coğrafyasına bağlı olarak yüksek miktarlardaki alkali iyonlar ile sağlandığı tespit edilmiştir. Bölgedeki

yağışların eser metal konsantrasyonlarının şehir alanlarındaki çeşitli yakıt tüketimlerinden ve çevredeki sanayi faaliyetleri ile bölgenin maruz kaldığı, özellikle Avrupa kökenli hava kütlelerinin hareketleri doğrultusunda uzun mesafeli taşınımından etkilendiği düşünülmektedir. İzmir kentinin deniz kıyısında bulunması nedeniyle, beklendiği gibi deniz kökenli mineraller de yağmur sularının kimyasal kompozisyonunda önemli bir yere sahip olduğu rapor edilmiştir (Adalı, 2006).

Mersin’de yapılan diğer bir çalışmada ise temel iyonların ortalama derişimleri $Ca^{2+} > SO_4^{2-} > Cl^- > NH_4^+ > Na^+ > Mg^{2+} > NO_3^- > K^+ > H^+$ sırasında bulunmuştur. Mersin atmosferinde antropojenik kaynaklardan ziyade doğal kaynakların daha etkin olduğu rapor edilmiştir. Ayrıca SO_4^{2-} ve NO_3^- iyonlarının yağmur sularının asitliğine olan bağıl katkıları sırasıyla %71 ve %29 olduğu tespit edilmiştir (Türker, 2005).

Samsun–Tekkeköy yöresinde hava kirliliğinin meteorolojik parametrelerle ilişkisinin incelenmesi konulu araştırma, SO_2 konsantrasyonunun Dünya Sağlık Teşkilatının kriterlerini ve hava kalitesinin korunması yönetmeliği standartlarını aşmakta olduğunu göstermiştir (Çakır, 1993). Elazığ’da özellikle şehir merkezinde yağışların asidik karakter gösterdikleri, bu karakterin özellikle yakıt tüketiminin fazla olduğu aylarda daha da şiddetlendiği tespit edilmiştir. Bunun sebebinin atmosfere karışan SO_x gazlarının etkili olduğu anlaşılmıştır (Boybay vd., 1993).

Endüstrileşmenin yoğun olmadığı ancak ısınma amacı ile tüketilen yakıtın %95 ‘ini kömürün oluşturduğu Sivas il merkezindeki 1996 yılı şubat, mart ve nisan aylarında ölçülen yağış örneklerinde, nötrale yakın pH değerleri ile nispeten düşük sülfat ve iletkenlik değerleri elde edilmiştir (Beyazıt ve Peker, 2001). Rize ilinin bir yamaçta kurulmuş olması ve denize paralel olarak aniden rakımın yükselmesi şehir merkezinde oluşan kirlenici gazların ve tozların şehir merkezinden uzaklaşmamasına neden olduğundan yağış sularının pH: 5,5’e kadar düştüğü gözlenmiştir (Balcı vd, 2001).

Ülkemizde yürütülen atmosferik çalışmalar, özellikle Akdeniz bölgesi aerosollerinin eser elementel bileşimi konusunda önemli bir bilgi birikimi sağlamıştır (Kubilay vd, 1995; 2001; Güllü vd, 1998). Antalya ve İzmir yakınlarında gerçekleştirilen araştırmalar yağmur suyunun gerek iyonik, gerekse eser elementel bileşimi konusunda önemli sonuçlar ortaya koymuştur (Güllü vd, 2000; Al-Momani vd, 1995).

Al-Momani (1995) ve grubu tarafından İzmir’de gerçekleştirilen çalışmada ise yağmur sularının büyük ölçüde çevredeki tarım arazilerinde kullanılan gübrelerden kaynaklanan amonyak tarafından nötralleştirildiği, mineral tozun kalsit içeriğinin ise bu

nötralleşme sürecine olan katkısının sadece %16 seviyesinde olduğu rapor edilmiştir (Al-Momani vd, 1995).

Ankara'da gerçekleştirilen bir çalışmada; sülfat, nitrat ve kalsiyum iyonlarının yağmur suyunun temel bileşenleri olduğu belirlenmiştir. Sülfatla kalsiyum iyonları arasında gözlenen yüksek korelasyona bağlı olarak da sülfatın atmosferde daha çok kalsiyum sülfat formunda bulunduğu rapor edilmiştir. Ankara'daki yağmur suları, havada yüksek miktarlarda mevcut mineral toz partikülleri tarafından nötralize edilmektedir. Bunun sonucu olarak da örneklerin %70'inden fazlasında pH değeri 5.6'dan yüksek bulunmuştur (Tuncel ve Ungör, 1996).

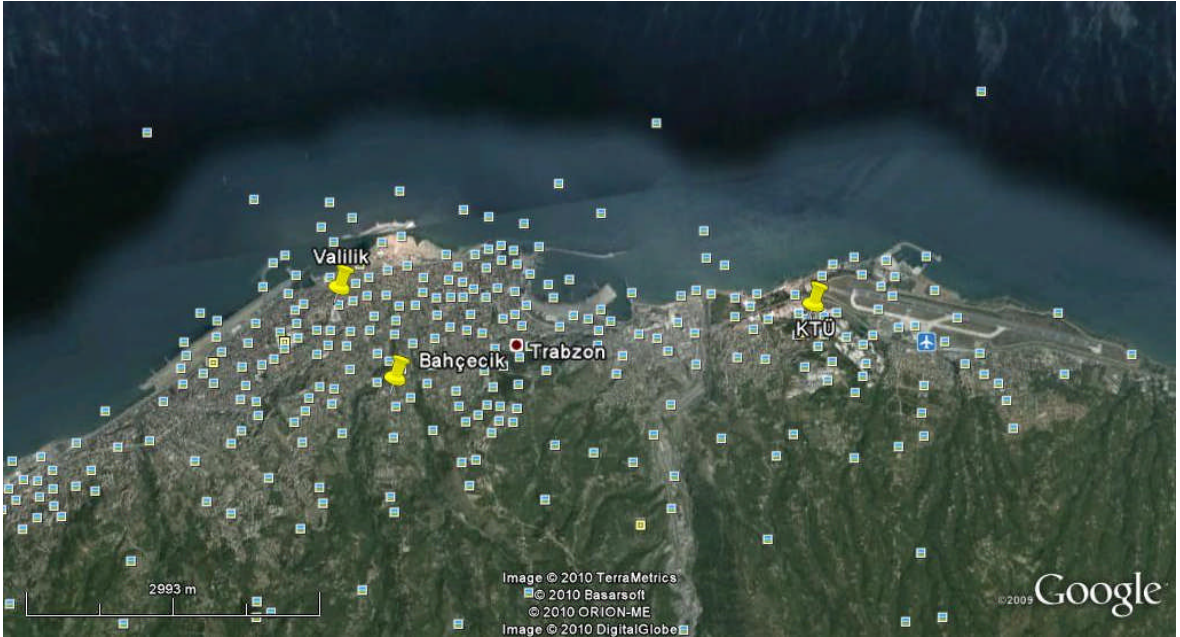
Endüstriyel faaliyetlerin yoğun olduğu İskenderun Körfezi'nde gerçekleştirilen bir çalışmada, şehrin farklı bölgelerinden toplanan yağmur örneklerinde analiz edilen element ve iyon derişimlerinin, mevsimsel olarak değişim gösterdiği ve çoğunlukla endüstriyel aktivitelerden ve rüzgarın yönünden etkilendiği ortaya konmuştur. Şehrin sanayi bölgesine yakın kesiminden toplanan yağmur örneklerinde daha düşük pH değerleri ölçülmüştür. Nitrat ve metalik iyon derişimleri geniş bir aralıkta değişkenlik göstermekte, sanayi bölgesinde kalsiyum ve demir derişimleri daha yüksek ölçülmektedir. Sanayinin etkisi altındaki kentte özellikle, antropojenik kaynaklı iyon derişimleri oldukça yüksek bulunmuştur (Örnektekin ve Çakmaklı, 2003).

İstanbul'da yağmur suyunun iyonik bileşimini belirlemek amacıyla yapılan bir çalışmada ise kış aylarında ısınma amaçlı fosil yakıtların kullanımına bağlı olarak antropojenik iyon (nitrat ve sülfat) derişimlerinde yükselme gözlenmiştir. Sülfat ve nitrat iyonu derişimleri, Aralık-Mart döneminde toplanan yağmur örneklerinde oldukça yüksek, Nisan-Ekim dönemine ait örneklerde ise oldukça düşüktür. pH değerleri 2.4 - 8.5 arasında değişmektedir. Örneklerin %18.6'sı asidiktir ($\text{pH} < 5.6$). Bu çalışmada, kalsiyum sülfat ile amonyum sülfat türlerinin, anyon-katyon arasında gözlenen yüksek korelasyonlar nedeniyle asitliğin nötralleşmesinden sorumlu olduğu ileri sürülmüştür (Gülsoy vd, 1999).

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

2.1. Numune Toplama Noktaları

Trabzon, 748,982 nüfusludur. İmalat sanayinde sayılabilecek belli başlı alanlar un ve kepek, süt mamulleri, balık yağı ve unu, hazır giyim, mefruşat, ayakkabı, kereste, beton direk, lastik ve plastik ürünler, PVC boru, bakır, çinko, kurşun, alüminyum, kurşun mamulleri, boru, galvanizli sac, tuğla, metal, otomobil yan sanayi ve cerrahi dikiş malzemesi imalatıdır. Yağmur suyu örnekleri Valilik binası civarı, Bahçecik mahallesi ve Karadeniz Teknik Üniversitesi mevkiinden toplanmış olup örnek toplama noktaları harita üzerinde Şekil 3’de görülmektedir.



Şekil 3. Trabzon’da yağmur suyu numunelerinin alındığı noktalar

2.2. Numune Toplanması ve Analize Hazırlanması

Trabzon’da yağın yağmurun ölçümlerini yapmak amacıyla yağmur örnekleri yüksek yoğunluklu polietilen (HDPE)’den üretilmiş kaplarda toplandı, anyon ile katyon analizleri için ayrı toplama kapları kullanılmıştır. Numune kovaları sırasıyla musluk suyu, deterjan,

nitrik asit ve son olarak da saf su ile temizlenmiştir. Yağmurun kesilmesinin ardından toplanan yağmur sularının pH ölçümü numune toplama noktasında anında yapılmıştır. Örnekler, yağışın bitiminden hemen sonra, kapların kapakları kapatılarak toplama merkezlerinden alınıp araştırma laboratuvarına getirildi.

Anyon kabındaki yağmur suyu örneği Millipore filtreleme düzeneği kullanılarak 0.22 µm'lik filtre kağıdından (sartorius, selüloz asetat) süzildükten sonra farklı analizler için alt örnekler ayrıldı. Bu amaçla yüksek yoğunluklu polietilenden yapılmış 100 mL'lik örnek kapları kullanıldı ve örnekler Zorbax sax IC anyon değişim kolonlu Agilent 1100 Series model HPLC'deki analizlere kadar +4°C sıcaklıkta, buzdolabında saklandı.

Katyon analizlerinin yapılacağı örnekler için kullanılan kaplar ve cam malzemeler deterjanla yıkandıktan sonra %10'luk HNO₃ yıkama çözeltisi içinde bekletilmiş, ardından saf su ile ve de-iyonize su ile iyice çalkalandı. Kullanılan yıkama çözeltisi (%10'luk HNO₃) ölçülen temel anyonlardan nitrat iyonu içerdiğinden anyon örneklerinin toplandığı kapların temizliğinde sadece deterjanlı su ve de-iyonize su kullanıldı. Katyon kabındaki yağmur suyu örnekleri ise yine Millipore filtreleme düzeneği kullanılarak 0.45 µm'lik membran filtre kağıdından (MFS Micro Filtration System, selüloz asetat) süzüldü ve 250 mL'lik pet şişelere aktarıldı. Örnekler, koruma amacı ile Merck 100452 Mavi bant filtre kağıdından süzüldü, %65'lik derişik HNO₃ ilave edildi ve ilave edilecek asidin miktarı, örneğin pH'sı 1-2 arasında kalacak şekilde ayarlandı. Katyon örnekleri ICP-OES'deki analizlere kadar +4°C sıcaklıkta, buzdolabında saklandı.

Örnekleme kapları yağmurun kesilmesini takiben laboratuara ulaştırıldığı için, aralıklarla yağmurun yağdığı durumda aynı gün içerisinde birden fazla numune toplandığı da oldu.

2.3. Kullanılan Cihazlar

pH ölçümleri için Hanna HI 98103 model pH metre, temel anyonların analizleri (Sülfat, Nitrat ve Nitrit) için Zorbax sax IC anyon değişim kolonlu Agilent 1100 Series model HPLC cihazı, temel katyonlar Ca²⁺ ve Mg²⁺ analizleri için Spectro Genesis model ICP-OES cihazı kullanılmıştır.

2.4. Kullanılan Reaktifler

$\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ (Merck 106308), ftalik asit ($\text{C}_8\text{H}_6\text{O}_4$, Merck 109611), NaNO_3 (Merck 106546), K_2SO_4 (Merck 105152), derişik HNO_3 kullanıldı.

2.5. pH Analizi

Anyon kabında toplanan yağmur örnekleri filtrelendikten sonra pH ölçümü için; ± 0.01 pH birimi duyarlılıkla ölçümler, pH metre ile yapıldı. pH metre ölçüm öncesi pH'ı 4.01, 7.01 ve 10.01 olan tampon çözeltilere karşı kalibre edildi. pH ölçümü sırasında cam beherdeki örneğe daldırılan elektrot hafif bir şekilde kesintisiz karıştırılmış ve elektrot tamamen kararlı bir hale ulaştıktan sonra okunan değer kaydedildi.

2.6. İyon Değişirme Kromatografisi ile Temel Anyonların Analizi

Temel anyonların analizleri (Sülfat, Nitrat ve Nitrit) için Zorbax sax IC anyon değişim kolonlu Agilent 1100 Series model HPLC cihazı kullanılarak ölçümler yapılmıştır. Sistem bilgisayar kontrollü olup pik alanları bir yazılım programı ile hesaplanır. Kullanılan dedektör $100 \mu\text{L}$ hacimli akış hücresine sahip UV-DAD dedektörüdür. Örnekler içinde kalan en ince partiküller bile anyon kolonunu tıkayabileceğinden tüm örnekler analiz öncesi $0.22 \mu\text{m}$ 'lik membran filtre kağıtlarından süzüldü. Taşıyıcı faz olarak pH'yı di-sodyum tetraborat ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$) tampon çözeltisi ile 4.94'e ayarlanıp 1 mM 'lık ftalik asit ($\text{C}_8\text{H}_6\text{O}_4$) çözeltisi kullanıldı. Bu çözelti kolona verilmeden önce 30 dakika süre ile ultrasonik banyoda tutularak gaz kabarcıklarından arındırıldı. Nitrat ve sülfat iyonları için kalibrasyon eğrileri sırası ile 0.5, 1.0, 2.0, 5.0 ve 10.0 mg/L derişimlerdeki standart NaNO_3 ve K_2SO_4 çözeltilerinin alete enjekte edilmesi ile hazırlandı, örnekler için elde edilen pik alanları bu kalibrasyon eğrileri kullanılarak bilgisayar yazılım programı tarafından hesaplandı.

2.7. ICP-OES ile Temel Katyonların Analizi

Yağmur numunelerinde Ca^{2+} ve Mg^{2+} katyonları Karadeniz Teknik Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği bölümünde bulunan Spectro Genesis model ICP-OES ile analiz edilmiştir.

Trabzon'da İl Çevre Müdürlüğü'nce hava kirliliği ölçümleri iki sabit ölçüm istasyonundan (Şekil 4) her gün SO_2 ve partiküler madde (PM) ölçümü şeklinde yapılmaktadır. 2004 yılından itibaren 2 adet sabit tip hava kalitesi izleme istasyonu ile çevre havada bulunan partikül madde ve kükürt dioksit gazı ölçümleri yapılmakta olup, söz konusu istasyonlardan; Hava Kalitesi Ölçüm İstasyonu-1 (Trabzon-1) Trabzon Valilik binasının doğu cephesindeki park alanı içerisinde kurulu bulunmakta olup, İlimiz Merkez Gazipaşa Mahallesi Zeytinlik Sokak adresinde kurulu bulunan Hava Kalitesi Ölçüm İstasyonu-2 (Trabzon-2) ise 2006 yılı Kasım ayı itibariyle İlimiz Merkez Fatih Park Alanında kurulu bulunmaktadır. Ayrıca Gezici Hava Kalitesi Ölçüm aracında (Şekil 5) karbonmonoksit (CO), azot oksitler (NO_x , NO_2 , NO), hidrokarbonlar, ve ozon (O_3) analizörlerinin yanı sıra rüzgar hızı, rüzgar yönü, basınç, nem, sıcaklık ve yağmur meteorolojik sensörleri de bulunmaktadır. (Trabzon İl Çevre Müdürlüğü, 2007; 2008; 2009).



Şekil 4. Valilik sabit ölçüm istasyonunun genel görünümü.



Şekil 5. Gezici hava kalitesi ölçüm aracı genel görünümü.

Partikül madde (PM) ölçümü MP101M model ölçüm cihazı ile havadaki partikül maddelerin ölçümü yapılmaktadır. Cihazda beta-gauge toz ölçüm sistemi kullanılmaktadır. Bu sistemde süspanse haldeki tanecikler aracın üzerinde bulunan ölçüm başlığı yardımı ile belirli bir hacimde vakumlanarak toplanır. Tanecikler Beta kaynağı Geiger-Müller sayacı arasında yer alan cam elyaftan yapılan bir filtre kağıdı üzerine yerleşir. Beta-gauge yöntemiyle tanecikler radyoaktif madde (karbon 14) kullanılarak ışınım yöntemiyle daha küçük parçalara ayrılır. Darası alınmış filtre kağıdı üzerine düşen taneciklerin de ağırlığı otomatik olarak hesaplanarak çevre havasındaki partikül madde miktarı bulunur (Groupe Environment, 1995).

Ölçüm Birimleri:

Çöken kısım yoğunluğu; mg/cm^2 , konsantrasyon mg/m^3 olarak hesaplanırken;

Atmosferden emilen havanın birimleri; m^3/h

Hacimsel olarak birimleri; litre, m^3

Toplana ölçüm sonuçlarının şekilleri; periyodik ve kümülatif

Ölçüm sonuçlarının konsantrasyonlarının şekilleri; periyodik ve ortalama

Geiger-Müller sayacının süresi; programlanabilen 10 saniyeden 200 saniyeye kadar

Ölçüm aralıkları; 0-100, 0-200, 0-500, 0-1000, 0-2000, 0-5000, 0-10.000 μm^3

Ölçüm devirleri; ½-1-2-3-6-12 yada 24 saat

Ölçüm threshold; havanın debi seçimine, devrine ve periyoduna bağlı olarak 24 saat devirde; 1 m³/h akışta: 0.5 µ/m³ ve 1.5 m³/h akışta: 0.3 µ/m³ olarak sistemden alınmaktadır (Groupe Environment, 1995).

SO₂ gazı ölçümü AF21M model özellikle düşük konsantrasyonlardaki kükürt dioksit için sürekli ölçüm yapan bir cihazdır. Ölçüm yöntemi olarak mor ötesi ışıklarda bulunan floresan ölçüm prensibi kullanılır. En düşük fark edilebilirlik birimi 1 ppb olmak üzere ölçüm aralıkları 0.1 ppm'den 10 ppm'e kadar ayarlanabilir. Ölçülen değerler ortalama ¼ saatlik periyotlarla hafızada saklanabilir. Ölçülen değerler ppm veya mg/m³ cinsinden gösterilebilir. Ölçümler otomatik olarak doğrulanabilir (Groupe Environment, 1997).

Ölçüm yönteminde analiz edilecek numune önce toz filtre girişinden geçer. Analiz edilecek örnek mikroprosesör tarafından 40 °C' ye ayarlanmış bir odaya gönderilir. Bu oda bir adet karbon kaynağı ve otomatik hidrokarbonları yok edici bir cihazdan oluşmaktadır. Örnek, daha sonra debi regülatöründen geçerek karbon kaynağının bulunduğu dış tüpe ulaşır. Burada hidrokarbon molekülleri boşaltılır. Odanın uç noktasında çinko-çizgi lambası bulunur. Bu mor ötesi ışığı sağlar. Mikroprosesör ünitesinde iletilen ölçüm değerlerinin hesaplanması yapılır (Groupe Environment, 1997).

Ölçüm Birimleri:

Ölçüm aralıkları; 0.1, 0.25, 0.5, 1.0 ve 10 ppm

Alt fark edilebilirlik limiti; 0.001 ppm

Ölçüm değerlerinin ifadesi; ¼ saatlik periyotlarla kapasite. 15 günlük ölçüm değerlerinin saklanmasıdır (Groupe Environment, 1997).

Azot gazı (NO_x) ölçümü AC31M düşük konsantrasyonlardaki azot monoksit (NO) ve azot dioksit (NO₂) gazlarının ölçümleri yapılmaktadır. Ölçüm cihazı yüksek düzeyde okside olan ozon moleküllerinin etkisiyleşik yayan azot oksitleri prensibine göre çalışır (Groupe Environment, 1997).

Ölçüm Birimleri:

Ölçüm aralığı; 10 ppm' den yukarıdadır

Birimleri; ppm ya da mg/m³

Minumum hissedilebilir limit değer; 0.35 ppb (Groupe Environment, 1997).

Karbonmonoksit gazı (CO) ölçümü CO11M model ölçüm cihazı ile düşük konsantrasyonlardaki CO gazlarının ölçümlerini yapmaktadır. Ölçüm cihazı kızıl ötesinde absorblama yöntemiyle çalışmaktadır (Groupe Environment, 1997).

Ölçüm Birimleri:

Ölçüm aralığı; maksimum 200 ppm

Birimleri; ppm ya da mg/m^3

Hissedilebilir en düşük değer; 0.1 ppm (Groupe Environment, 1997).

Ozon gazı ölçümü ise O341M ölçüm cihazı ile yapılmaktadır. Cihaz ölçüm yöntemi olarak ozon tarafından ultraviyole ışığının absorblanmasının ölçülmesi prensibine dayanır (Groupe Environment, 1997).

Ölçüm Birimleri:

Ölçüm aralığı; maksimum 10.000 ppm

Birimleri; ppm ya da mg/m^3

Hissedilebilir en düşük değer; 0.01 ppm (Groupe Environment, 1997).

Hidrokarbon gazı (HC) ölçümü de HC51M ölçüm cihazı ile düşük konsantrasyonlardaki CH_4 esaslı ve CH_4 esaslı olmayan hidrokarbonların ölçümü yapılmaktadır. Cihaz ölçüm yöntemi olarak alev iyonizasyonu ölçümü yöntemiyle hidrokarbonların ölçülmesi prensibine dayanmaktadır. Bu nedenle cihaza bağlı olarak H_2 gazı tüpü (2 bar) ile temiz havanın temin edildiği bir kompresör bulunmaktadır (Groupe Environment, 1999).

Ölçüm Birimleri:

Ölçüm aralığı; 10-50-100-500-1000 ppm

Birimleri; ppm ya da mg/m^3

Hissedilebilir en düşük değer; 0.05 ppm (Groupe Environment, 1999).

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Yağmur sularında ölçülen parametrelerin istasyon ve iki ay içerisinde yağın yağış sayısına göre ortalamaları alınarak Tablo 3’de verilmiştir.

Tablo 3. Yağış örneklerinin analiz sonuçları (Yıllık/12 ay)

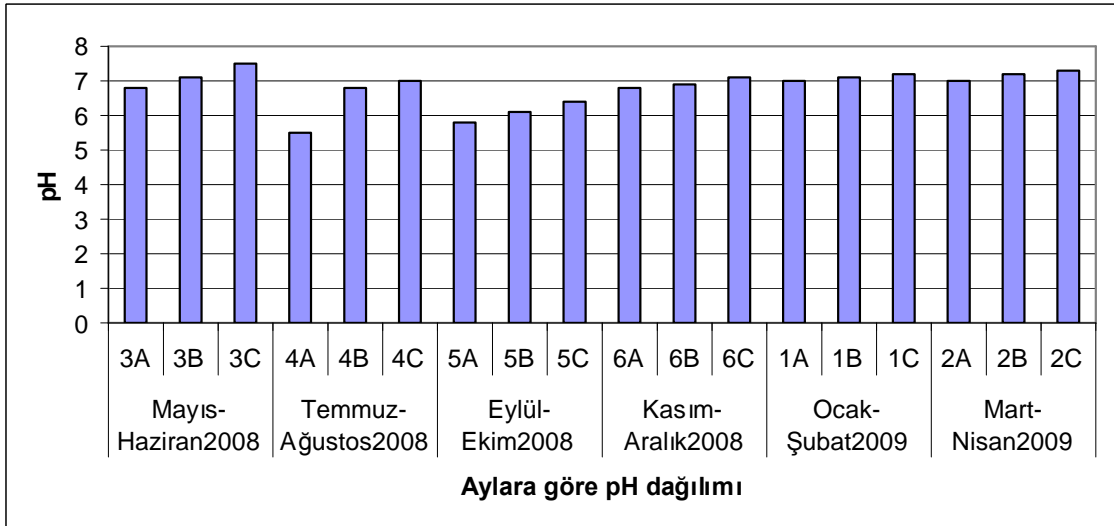
Yıl	Örnek No	SO ₄ ⁻² mg/L	NO ₃ ⁻ mg/L	NO ₂ ⁻ mg/L	pH	Ca ²⁺ mg/L	Mg ²⁺ mg/L
Mayıs-Haziran 2008	3A	2.858	0.207	0.037	6.8	0.5	0.51
	3B	2.831	0.191	0.032	7.1	0.7	0.64
	3C	2.775	0.193	0.026	7.5	0.9	0.90
Temmuz-Ağustos 2008	4A	2.707	0.180	0.030	5.5	0.1	0.67
	4B	2.734	0.163	0.033	6.8	0.3	0.41
	4C	2.711	0.113	0.021	7.0	1.1	0.91
Eylül-Ekim 2008	5A	2.892	0.266	0.074	5.8	0.2	0.58
	5B	2.866	0.250	0.027	6.1	0.5	0.66
	5C	2.826	0.247	0.028	6.4	0.3	0.87
Kasım-Aralık 2008	6A	3.222	0.334	0.073	6.8	0.6	1.10
	6B	3.210	0.297	0.081	6.9	1.0	0.57
	6C	3.177	0.310	0.060	7.1	1.0	0.40
Ocak-Şubat 2009	1A	3.182	0.568	0.067	7.0	0.9	0.65
	1B	3.179	0.575	0.066	7.1	0.8	0.51
	1C	3.012	0.512	0.040	7.2	1.0	0.35
Mart-Nisan 2009	2A	3.248	0.387	0.047	7.0	0.6	0.21
	2B	3.228	0.376	0.040	7.2	0.8	0.37
	2C	3.218	0.278	0.042	7.3	0.6	0.60
Ortalama		2.993	0.302	0.046	6.81	0.66	0.60

A: Valilik B: Bahçecik C: KTÜ kampüs

Yağmur sularında ölçülen iyon derişimleri bir çok faktöre bağılı olarak değişiklik gösterir. Bunlar, yağış miktarı, rüzgar hızı ve yönü, bağılı nem, bölgeyi etkisi altına alan hava kütlelerinin süpürdüğü yol gibi meteorolojik parametreler olmak üzere bu bileşenlerin doğal ve antropojenik kaynak şiddetleri ile yağış öncesi atmosferdeki derişimleri yağmur suyunun pH’sını ve bu bileşenlerin o ortamdaki çözünürlük dereceleri şeklinde

sıralanabilir. Bütün bu faktörlere bağlı olarak yağmur suyunda ölçülen iyon derişimleri, mevsimsel ve günlük hatta aynı yağış olayı içinde bile değişiklik gösterir. Her yağmur olayı farklı koşullarda geliştiğinden ölçülen derişimlerde o olaya özgü sonuçlardır.

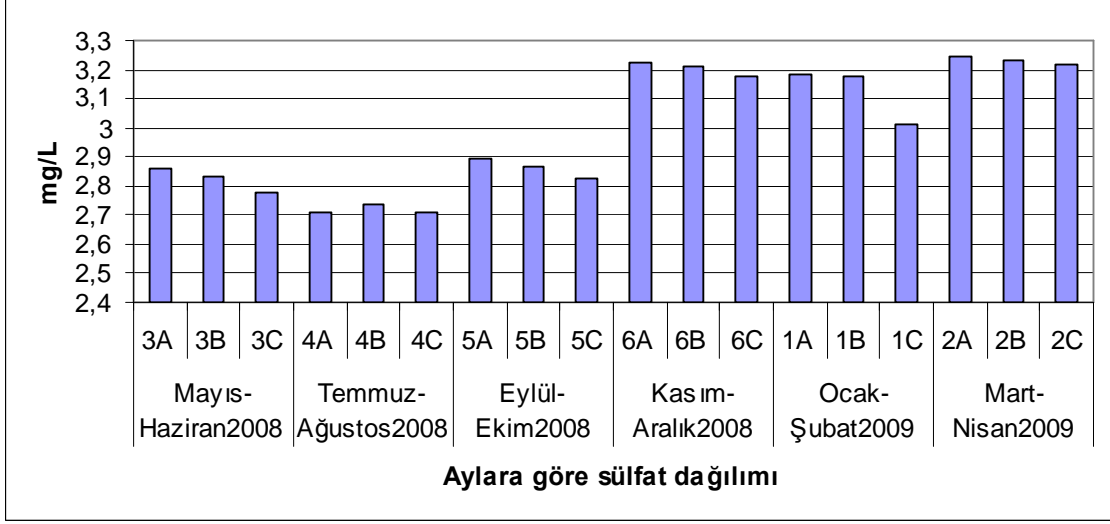
pH : Trabzon'da Mayıs 2008 ve Nisan 2009 tarihleri arasında üç farklı noktadan toplanan yağmur örneklerinde ölçülen pH değerlerinin iki aylık ortalaması alınarak pH değerlerinin zamana bağlı grafiği Şekil 6'da verilmiştir. Grafikte şehir merkezine göre şehir dışındaki yağmur numunelerinin pH değerleri genellikle daha yüksek çıkmıştır. Bunun sebebi ise şehir merkezinde taşıtların fazla olması, yerleşimin fazla olmasından ve hava sirkülasyonunun az olmasından kaynaklanmaktadır. Yağış suyundaki pH değişimi atmosferdeki kirleticilerin konsantrasyonuna da bağlıdır. Örneğin atmosferde SO₂ konsantrasyonunun artması pH ın düşmesine sebep olur. Sonuçta merkezin şehir dışına kıyasla daha asidik yağış aldığını göstermektedir.



Şekil 6. Trabzon yağmurlarında pH değerlerinin iki aylık ortalamalarının zamana karşı grafiği

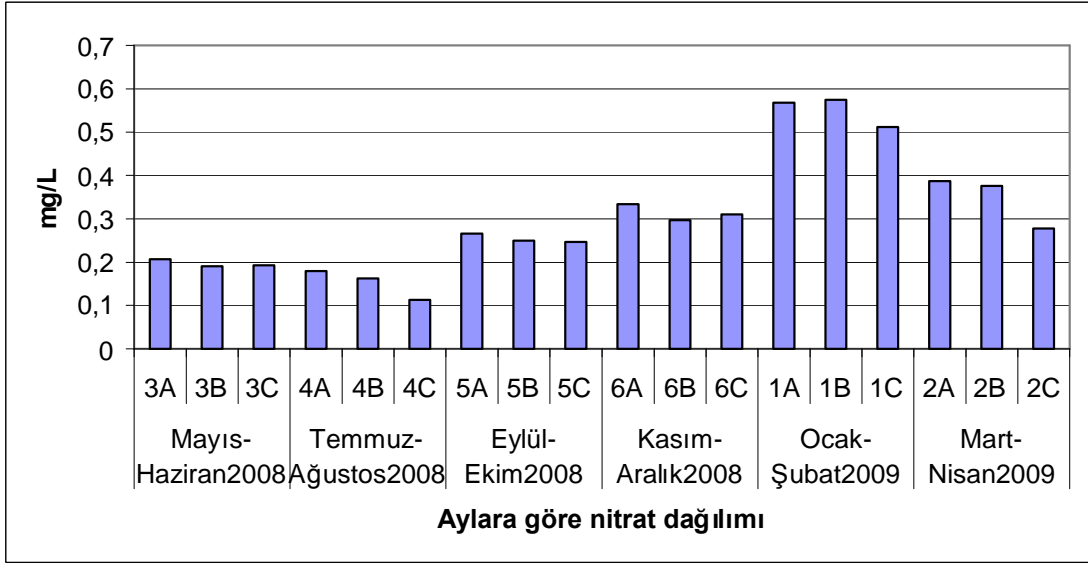
SO₄²⁻ : Çalışma süresince toplanan yağmur numunelerinin sülfat iyonu iki aylık ortalamalarının zamana karşı grafiği Şekil 7'de verilmiştir. Grafikteki veriler değerlendirildiğinde sülfat iyonları konsantrasyonunun evsel ve endüstriyel yakıt tüketiminin fazla olduğu kış aylarında genelde yüksek olduğu görülmüştür. Bu iyonun en büyük kaynağı kömür içeriği fazla olan kömürlerdir. Söz konusu yakıtın çok tüketildiği şehir merkezinde sülfat iyonu konsantrasyonu genellikle artmıştır. SO₄²⁻ iyonu

antropojenik kaynaklı olduğu için genellikle nüfusun daha yoğun olduğu şehir merkezinde daha yüksek derişime sahiptir.

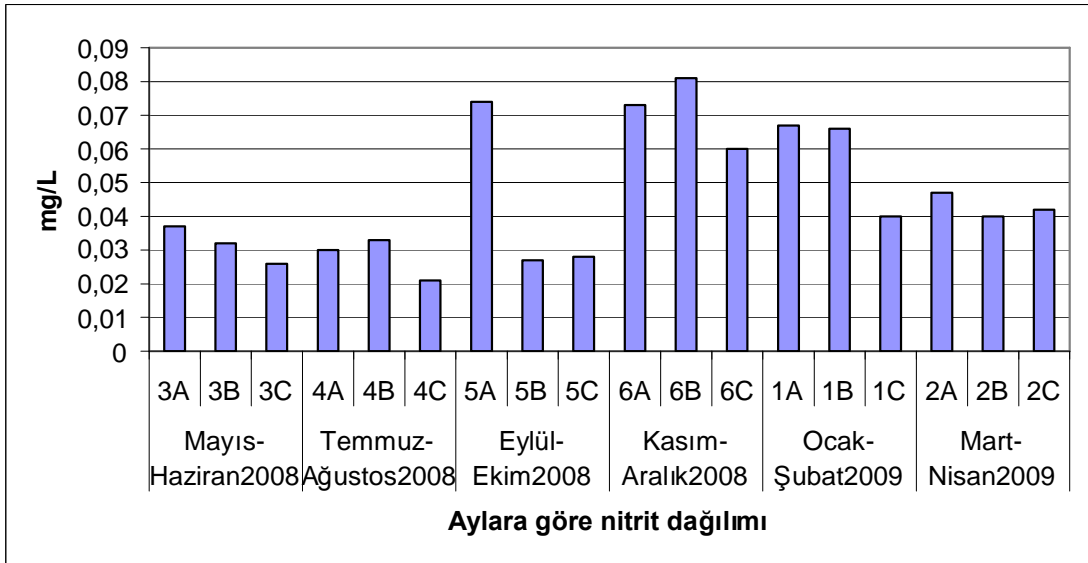


Şekil 7. Trabzon yağmurlarında SO_4^{2-} iyonu iki aylık ortalamalarının zamana karşı grafiği

NO_3^- ve NO_2^- : Çalışma sonucuna göre NO_3^- ve NO_2^- konsantrasyonlarının zamana göre değişim grafiği sırasıyla Şekil 8 ve 9'da verilmiştir. Sonuçlar değerlendirildiğinde yağmur suyundaki NO_3^- ve NO_2^- konsantrasyonlarının genellikle trafiğin daha yoğun olduğu şehir merkezindeki istasyonlarda arttığı gözlenmiştir. Yani trafik yoğunluğu ile doğru orantılı olarak azot oksit konsantrasyonu artmıştır.



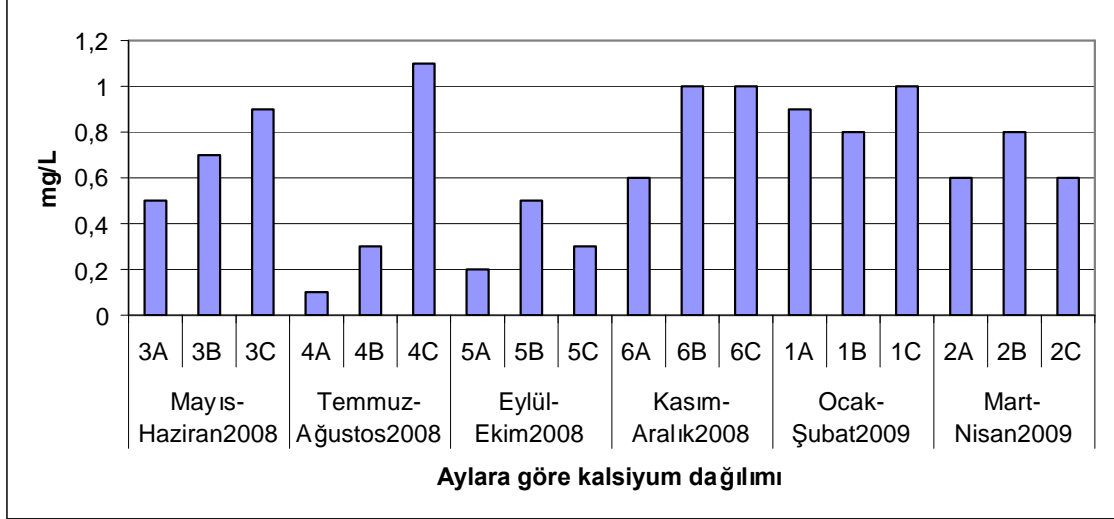
Şekil 8. Trabzon yağmurlarında NO_3^- iyonunun iki aylık ortalamalarının zamana karşı grafiği



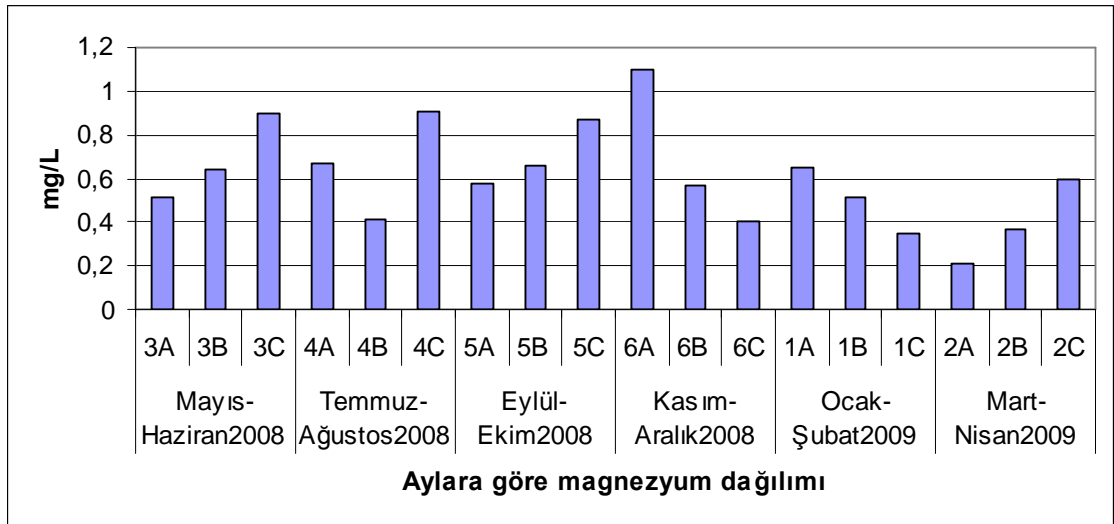
Şekil 9. Trabzon yağmurlarında NO_2^- iyonunun iki aylık ortalamalarının zamana karşı grafiği

Ca^{2+} ve Mg^{2+} : Ca^{2+} ve Mg^{2+} değerlerine ait sonuçlar ise Şekil 10 ve 11'de verilmiştir. Yağmur suyunun pH'sı son derece önemlidir. Özellikle atmosferde antropojenik kökenli eser elementlerin çözülmüş-partikül çeşitliliği pH'ya bağlıdır. pH'nın yüksek olduğu dönemlerde Ca^{2+} ve Mg^{2+} konsantrasyonunda artmıştır. Bunun muhtemel nedeni atmosferdeki uçucu tozların bileşiminde kalsiyum, magnezyum içeren bileşiklerin

bulunmasından kaynaklanmaktadır. Ayrıca Ca^{2+} ve Mg^{2+} oluşumu hem tozlardan hemde Trabzon ilinde kış mevsiminde çalışan bir sanayi kuruluşunun bulunmasından meydana geldiği düşünülmektedir.

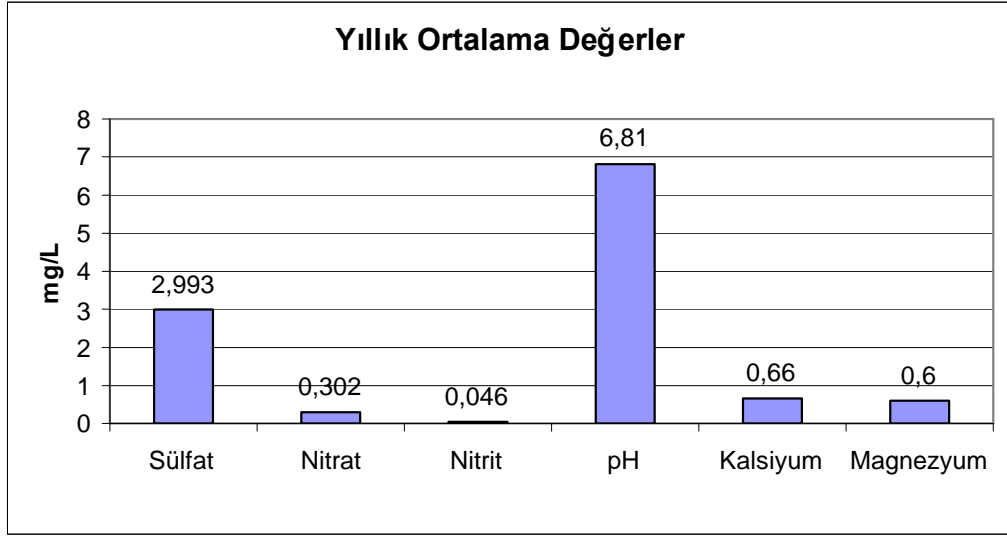


Şekil 10. Trabzon yağmurlarında Ca^{2+} iyonunun iki aylık ortalamalarının zamana karşı grafiği



Şekil 11. Trabzon yağmurlarında Mg^{2+} iyonunun iki aylık ortalamalarının zamana karşı grafiği

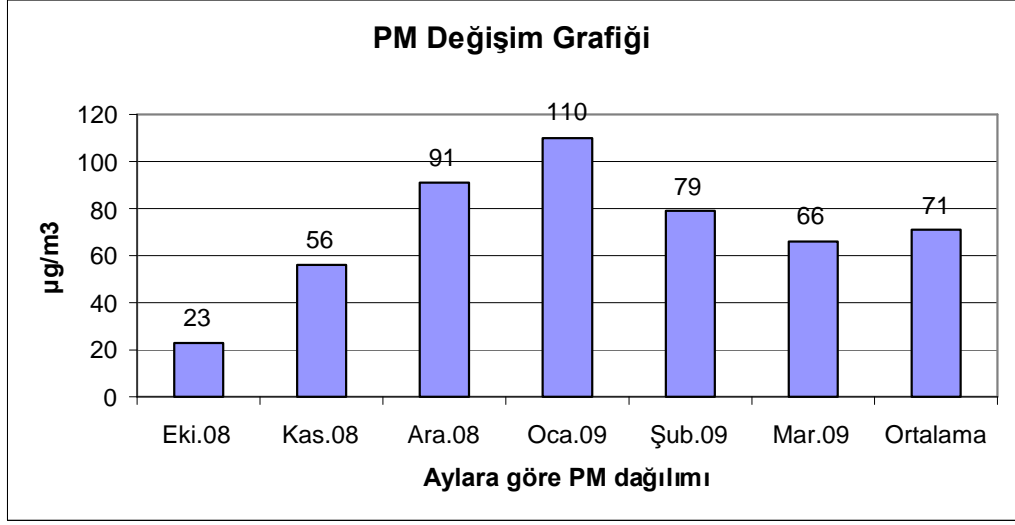
Bu verilere göre yıllık ortalama değerlerin grafiği ise aşağıda verilmiştir (Şekil 12).



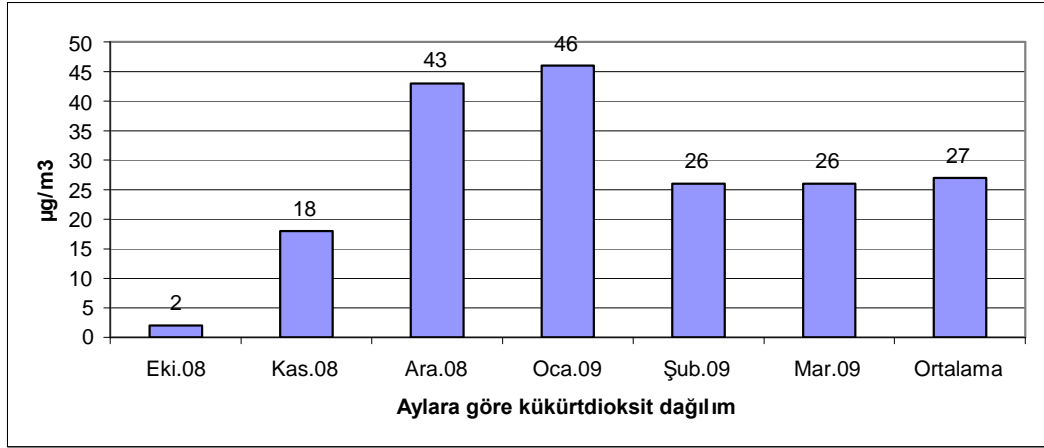
Şekil 12. SO_4^{-2} , NO_3^- , NO_2^- , pH, Ca^{+2} ve Mg^{+2} , un yıllık ortalama değerleri

Tüm numune verilerin sonucuna göre hesaplanan yıllık ortalama veriler değerlendirildiğinde 2.993 mg SO_4^{-2} / L, 0.302 mg NO_3^- / L, 0.046 mg NO_2^- / L, 0.66 mg Ca^{+2} / L, 0.60 mg Mg^{+2} / L, olarak ölçülmüştür. Temel iyonların ortalama derişimleri $\text{SO}_4^{2-} > \text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+} > \text{NO}_3^- > \text{NO}_2^-$ sırasında bulunmuştur. Ortalama pH değerine bakıldığında 6.81'dir. Bu da Trabzon yağmurlarının Mayıs 2008-Nisan 2009 döneminde alkali karakterde ve temel anyonlar ile temel katyonlar açısından Hava kalitesi korunması yönetmeliğinde verilen, UVS-KVS değerleri arasında olduğunu göstermektedir. Yani Trabzon şehri asit yağmurlarının tehdidi altında değildir.

Trabzon İl Çevre Müdürlüğü'nce Hava Kalitesi Ölçüm İstasyonu-1 (Trabzon-1-Valilik bölgesi) ve Hava Kalitesi Ölçüm İstasyonu-2 (Trabzon-2-Merkez Fatih Park Alanı) sabit ölçüm istasyonlarından elde edilen Ekim 2008-Mart 2009 dönemine ait partiküler madde (PM) ve SO_2 ölçüm sonuçları sırasıyla Şekil 13 ve 14'de verilmiştir (İl Çevre ve Orman Müdürlüğü Verileri 2008; 2009).

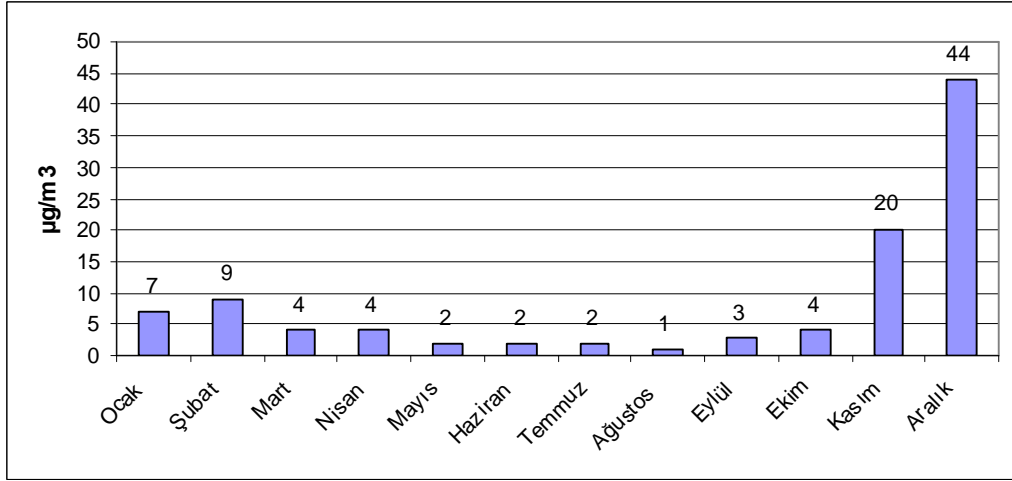


Şekil 13. Trabzon ilinde 2008-2009 kış dönemine ait PM değişim grafiği



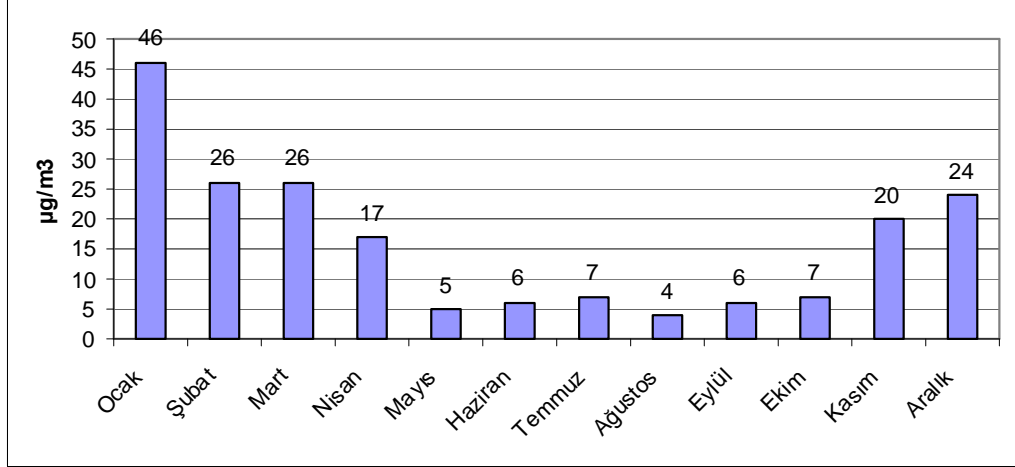
Şekil 14. Trabzon ilinde 2008-2009 kış dönemine ait SO₂ değişim grafiği

Trabzon ilinde 2008 yılında Hava Kalitesi Ölçüm İstasyonu-1 (Trabzon-1-Valilik bölgesi) ve Hava Kalitesi Ölçüm İstasyonu-2 (Trabzon-2-Merkez Fatih Park Alanı) sabit ölçüm istasyonlarında yapılan SO₂ ölçümlerinin değerlendirilmesi Şekil 15’de verilmiştir (İl Çevre ve Orman Müdürlüğü Verileri, 2008).



Şekil 15. 2008 yılında sabit ölçüm istasyonlarında yapılan SO₂ ölçümleri

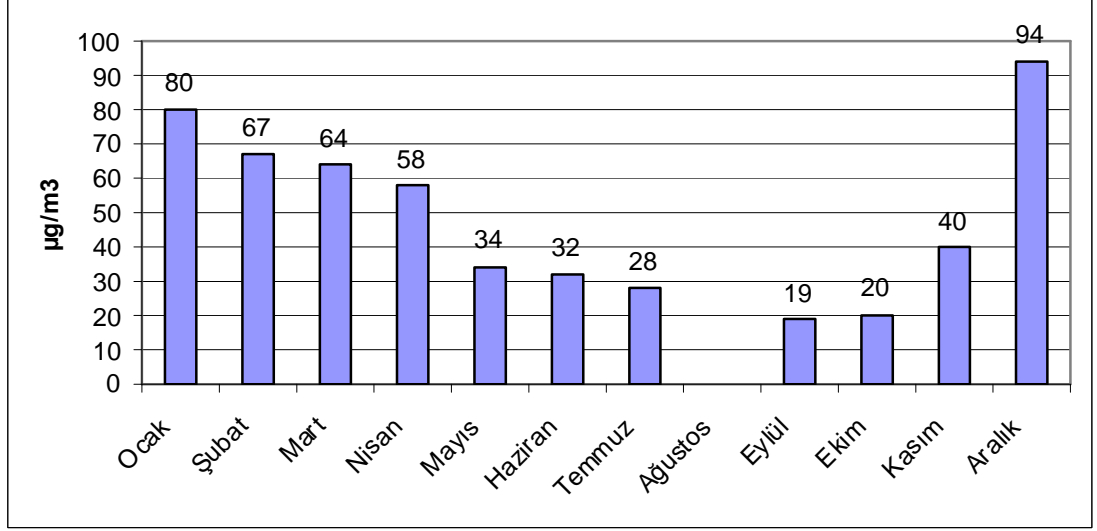
Trabzon ilinde 2009 yılında Trabzon-1 (Valilik bölgesi) ve Trabzon-2 (Merkez Fatih Park Alanı) sabit ölçüm istasyonlarında yapılan SO₂ ölçümlerinin değerlendirilmesi aşağıda verilmiştir (Şekil 16), (İl Çevre ve Orman Müdürlüğü Verileri, 2009).



Şekil 16. 2009 Yılında Sabit Ölçüm İstasyonlarında Yapılan SO₂ Ölçümleri

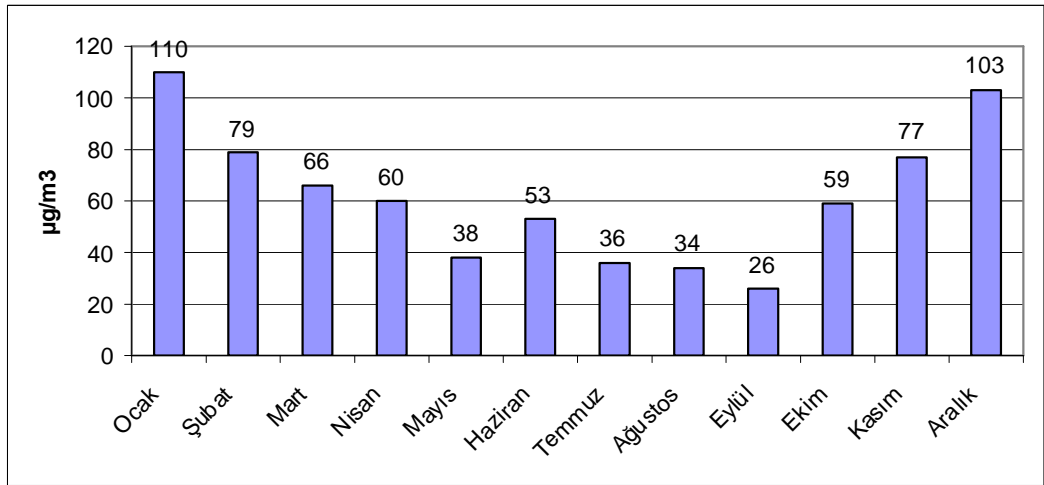
Şekil 15 ve 16'daki grafikler incelendiğinde SO₂ ölçüm değerleri ısıtma sezonu olarak adlandırılan kasım-nisan aylarında evsel kaynaklı yakıtların kullanımına bağlı olarak diğer aylara kıyasla daha yüksek olduğu fakat yine de bu değerlerin Hava kalitesi korunması yönetmeliğinde verilen, UVS değer olan 150 µg/m³ ve KVS değer olan 400 µg/m³'ü aşmadığı görülmektedir.

Trabzon İlinde 2008 yılında Trabzon-1 (Valilik bölgesi) ve Trabzon-2 (Merkez Fatih Park Alanı) sabit ölçüm istasyonlarından elde edilen aylık PM miktarının değişim grafiği Şekil 17'deki gibidir (İl Çevre ve Orman Müdürlüğü Verileri, 2008).



Şekil 17. 2008 yılında sabit ölçüm istasyonlarında elde edilen aylık partikül madde (PM) miktarının değişim grafiği

Trabzon İlinde 2009 yılında Trabzon-1 (Valilik bölgesi) ve Trabzon-2 (Merkez Fatih Park Alanı) sabit ölçüm istasyonlarından elde edilen aylık PM miktarının değişim grafiği Şekil 17'deki gibidir (İl Çevre ve Orman Müdürlüğü Verileri, 2009).



Şekil 18. 2009 yılında sabit ölçüm istasyonlarından elde edilen aylık partikül madde (PM) miktarının değişim grafiği

Şekil 17 ve 18'deki grafikler incelendiğinde ise PM ölçüm değerleri ısıtma sezonunda evsel kaynaklı yakıtların kullanımına bağlı olarak diğer aylara kıyasla daha yüksek olduğu fakat yine de bu değerlerin Hava kalitesi korunması yönetmeliğinde verilen, UVS değer olan $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ve KVS değer olan $300 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 'ü aşmamıştır.

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Trabzon'da üç farklı noktadan (Valilik, Bahçecik, KTÜ kampüs) 1 yıl süre ile (Mayıs 2008 – Nisan 2009) yağmur örnekleri toplanmıştır. Toplanan örneklerde pH ölçümü, temel anyonların analizi (NO_3^- , NO_2^- , SO_4^{2-}) ve temel kationların analizleri (Ca^{2+} , Mg^{2+}) gerçekleştirilmiştir.

Tüm numune verilerinin sonucuna göre en yüksek pH değeri 7.5, en düşük 5.5 ve ortalama pH değeri ise 6.81'dir. Ayrıca ortalama değerler $2.993 \text{ mg SO}_4^{2-} / \text{L}$, $0.302 \text{ mg NO}_3^- / \text{L}$, $0.046 \text{ mg NO}_2^- / \text{L}$, $0.66 \text{ mg Ca}^{2+} / \text{L}$, $0.60 \text{ mg Mg}^{2+} / \text{L}$, olarak ölçülmüştür. Temel iyonların ortalama derişimleri $\text{SO}_4^{2-} > \text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+} > \text{NO}_3^- > \text{NO}_2^-$ sırasında bulunmuştur. Bu da Trabzon yağmurlarının Mayıs 2008- Nisan 2009 döneminde alkali karakterde olduğunu göstermektedir. Yani Trabzon şehri asit yağmurlarının tehdidi altında değildir.

Ayrıca şehir merkezinde toplanan yağmur suyu numunelerinde iyon derişimlerinin şehir dışına kıyasla genellikle yüksek çıkmasının temel sebeplerinden biri şehir merkezinde nüfusun ve trafiğin daha yoğun olmasındandır. Antropojenik türlerden olan SO_4^{2-} ve NO_3^- iyonlarının ortalama derişimleri literatürdeki değerlerle karşılaştırıldığında Trabzon şehri atmosferinin bu kirleticilerle aşırı yüklü olmadığı ve ciddi bir hava kirliliği söz konusu olmadığı sonucuna varmak mümkündür. Bu çalışmada elde edilen verileri kıyaslamak amacı ile son yıllarda yapılan çalışmalar seçilmiştir (Tablo 4.1).

Tablo 4. Trabzon yağış sularının ortalama pH, SO_4^{2-} , NO_3^- ve Ca^{2+} değerlerinin literatürdeki verilerle karşılaştırılması (İyon derişimleri $\mu\text{mol/L}$ cinsindedir).

İstasyon	Kaynak	pH	SO_4^{2-}	NO_3^-	Ca^{2+}
Mersin	Türker, 2005	6.79	36.60	26.93	85.8
İskenderun	Örnektekin ve Çakmaklı, 2003	7.1	353.0	40.3	250.0
Ankara	Tuncel ve Ungör, 1996	6.1	75.0	61.0	105
Ankara	Kaya ve Tuncel, 1997	4.2	26.6	35.5	57.4
İstanbul	Gülsoy vd, 1999	6.2	242.3	124.0	90.0
Trabzon	Mevcut çalışma	6.81	31.2	4.9	16.5

Trabzon'da hava kirliliğine neden olan önemli faktörlerden biri de Trabzon'un topografik yapısıdır. Trabzon ili bir yamaçta kurulmuş olması ve denize paralel olarak aniden rakımın yükselmesi şehir merkezinde oluşan kirletici gazların ve tozların şehir merkezinden uzaklaşmamasına neden olmaktadır. Bu kirletici unsurların şehir merkezinde yağın yağmur suyunun bileşimini değiştirerek olumsuz yönde etkilediği düşünülmektedir. Trabzon ilinde kış mevsiminde çalışan bir sanayi kuruluşunun olması da hava kalitesini olumsuz yönde etkilemektedir. Kullanılan kömürlerin iyi kalitede olmamasın da kirliliğe yol açmaktadır. Acilen kömür kalitesinin iyileştirilmesi, düşük kükürt içeren kömürün yaygınlaştırılması gerekmektedir.

Son yıllarda ülkemizde düzensiz kentleşmenin ve kontrol dışı sanayileşmenin hızla artması, hava kirliliği sorununu büyük boyutlara ulaştırmaktadır. Kentleşme ve sanayileşmedeki yalnız yer seçimleri asit yağmurlarına neden olan emülsiyonları çoğaltmaktadır. Özellikle kalori değeri düşük, buna karşılık kükürt oranı yüksek linyitlerin, termik santrallerde ve konutlarda yakılmasıyla büyük miktarlarda SO₂ havaya karışmakta ve her yıl artan motorlu araç sayısına paralel olarak NO_x (NO, NO₂, N₂O) oluşumu büyümektedir (Gündüz, 1994).

Trafikte seyreden taşıt sayısı arttıkça ve taşıt hızı azaldıkça egzozdan atılan kirli hava miktarının artması nedeniyle çevreyi kirleten araçların trafikten men edilmesi gerekiyor. Türkiye, ABD, Japonya, Avustralya ve Kanada gibi ülkeler içinde en kirli havaya sahip. Çevre ve Orman Bakanlığı'nın belirlediği havası en kirli 8 ilde partikül madde oranı, aralık ayı boyunca gün içinde yüzlerce kez sınır değer olan 300 metreküp/mikrogramı geçmiştir. Bu illerden Kütahya, Konya, Batman, Erzurum ve Tekirdağ'da kükürt dioksit oranı, sınır olan 400 mikrogramı defalarca aşmıştır.

Uzmanlar, insan sağlığı açısından bu oranların 155 µg'ın altına indirilmesi ve partikül maddeyle ilgili acil eylem planlarının devreye sokulması konusunda uyarılmaktadır. Hava kirliliğinin sağlık üzerindeki olumsuz etkileri sonucu akciğer kanseri vakalarında, kronik astım krizi sıklığında, göğüs daralması sıklığında, öksürük, balgam sıklığında, üst solunum sistemi akut bozukluğunda, göz, burun, boğaz tahribatında, soluk alma kapasitesinde, ölümlerde, iş veriminde ve üretiminde, sağlık tedavi masrafında önemli oranda artış yaşanmaktadır.

Türkiye'de hava kirliliği ölçümünde AB direktiflerine uygun yöntemler kullanılıyor. 15 saniyede bir yapılan ölçümler, saatlik değerlere dönüştürülüyor. Çevre ve Orman

Bakanlığı'nın Gölbaşı'nda bulunan laboratuvarlarında değerlendiriliyor. Ancak hava kirliliği değerleri, Avrupa Birliği (AB) standartlarının çok üzerinde.

Türkiye standartlarına göre partikül madde oranında sınır değer metreküpte 300; kükürt dioksitte ise 400 mikrogram. Bu değerler AB'de sırasıyla 50 ve 125 mikrogram. Türkiye'deki günlük ortalama partikül değeri de, 200-300 mikrogram/metreküp düzeyinde.

Özellikle hava kirliliğinin yoğun olduğu illerde ve trafiğin yoğun olduğu cadde, yol ve meydanlarda dışarıda egzersiz 'koşu ve yürüyüş gibi' yapılmaması gerekiyor. Egzersiz sırasında daha sık soluk alındığından vücuda daha fazla kirli hava giriyor. Çocukların akciğerlerinin yeni yeni gelişmesi ve zamanlarının önemli bir bölümünü dışarıda oynayarak geçirmeleri nedeniyle, kirli havanın çocuklarda, astım ve solunum sistemi hastalığına yol açma ihtimali de artmaktadır.

Hava kirliliği, özellikle büyük kentlerimizde çevre ve insan sağlığını her geçen gün daha fazla, olumsuz etkilemektedir. Hava kirliliğinin kaynakları ve olumsuz etkileri her toplantı ve açıklamada dile getirilmekte ve bunlar az çok bilinmektedir. Hava kirliliğinin etkileri toplum bilincine çıkmış durumdadır. Şimdi, ne tür önlemlerin alınması gerekir konusunda düşünce üretmeli, öneriler geliştirmeliyiz.

1. Sanayi merkezlerinin sebep olduğu hava kirliliğinin azaltılması amacıyla, sanayi ve iş merkezlerinin toplu yerleşim alanlarının dışına çıkarılması,
2. Kişisel vasıta kullanımı yerine toplu taşımacılığın yaygınlaştırılması,
3. Egzoz gazlarından çıkan kirletici etkenlerin azalmasını sağlayacak tedbirlerin hayata geçirilmesi ve uygulamaların denetlenmesi,
4. Ömrü dolmuş motorlu taşıtların trafikten men edilmesi,
5. Konutlarda yakıt yakma tekniklerinin modernleşmesi ve özellikle sanayi alanlarındaki bacalara, hava filtrelerinin veya baca gazlarının havaya karışmasını engelleyici baca süzücülerinin takılması,
6. Isınmak için kaliteli kömür ve tercihen doğal gaz kaynaklarının kullanılması,
7. Şehir merkezlerindeki yoğun trafiğin çevre yollara aktarılması,
8. Ağaçlandırma çalışmalarının artırılması, hava kirliliğinin yoğun olduğu yerlerde yeşil alanların oluşturulması,
9. Şehir yerleşim planlarında meteorolojik faktörlerin özellikle rüzgar durumunun göz önünde bulundurulması,
10. Şehir çöplüklerinin, şehirlere ve diğer yerleşim bölgelerine uzak yerlerde oluşturulması ve çöplerin uygun yöntemlerle imha edilmesi

Ne mutluluk vericidir ki, ÷lkemizde hava kirliliği Őimdilik bir problem olmaktan uzaktır ve hię Őüphe yoktur ki, kiŐiye ve topluma dūŐen g÷revleri yerine getirebildiğimiz s÷rece bu özelliğimizi koruyabileceğiz. Geleceęimize bırakacağımız en önemli mirasın "temiz bir çevre" olduğunu unutmamalıyız!

5. KAYNAKLAR

- Adalı, M., 2006. "Determination of Chemical Composition of Precipitation in İzmir" Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Agren, C., 1991. EMEP Report, MCS-W 1/91 Norway
- Al-Momani, İ.F., Tuncel, S., Eler, Ü., Örtel, E., Şirin, G. ve Tuncel, G. 1995. "Major Ion Composition of Wet and Dry Deposition in the Eastern Mediterranean Basin", Science of the Total Environment, 164, 75-85.
- Al-Momani, İ.F., Ataman, O.Y., Anwari, M.A., Tuncel, S., Köse, C. ve Tuncel, G. 1995. "Chemical Composition of Precipitation Near an Industrial Area at İzmir, Turkey", Atmospheric Environment, 29, 1131-1143.
- Bandy, A. ve Scott, D.L., 1992. Blonquist, B.W., Chen, S.M. ve Thornton, D.C. "Geophysical Research Letters", 19, 1125-27.
- Beryland, M. E., Volberg, N.Sh., Lavrinenko, R.F. ve Rusina, E.N. 1982. "Problems of Correlation of Global and Local Monitoring of Air Pollution", Environmental Monitoring and Assessment (Historical Archive), 2, 393-402,
- Balcı A. ve Demirak A., Tabak F. 2001. "Rize'de Yağmur Suyunun Kimyasal Özelliklerinin İncelenmesi", Ekoloji 40,17-19.
- Beyazit N. ve Peker İ., 2001. "Sivas İli Merkezindeki Yağış Sularının Kimyasal Analizi". Ekoloji 37 20-22.
- Boybay M., Kaya M. ve Aslan, M.,1993. Elazığ'daki Yağış Kirliliğinin İncelenmesi. Turkish Journal of Engineering and Environmental Sciences 17,111-114.
- Butler, J. D., 1979. Air Pollution Chemistry, Academic Pres, 408.
- Çakır O., ve Çakır S., 1993. "Study of Chemical Composition of Wet Deposition in Samsun". Turkish Journal of Engineering and Environmental Sciences 17, 181-185.
- Denhez, F., 2007, Küresel Isınma Atlası, NTV yayınları, İstanbul.
- Ertürk, F. "Hava Kirlenmesi", YTÜ Çevre Mühendisliği Bölümü Ders Notları.
- GESAMP, 1985. (Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Pollution), "Atmospheric Transport of Contaminants Into the Mediterranean Region", Reports and Studies, 26, 53.

- Güllü, G., Ölmez, I., Aygün, S. ve Tuncel, G., 1998. "Atmospheric Trace Element Concentrations Over the Eastern Mediterranean Sea: Factors Affecting Temporal Variability", Journal of Geophysical Research, 103, 21943-21954.
- Güllü, G., Ölmez, I. ve Tuncel, G., 2000. "Temporal Variability of Atmospheric Trace Element Concentrations over the Eastern Mediterranean Sea", Spectrochimica Acta Part B: Atomic Spectroscopy, 55, 1133-1148.
- Gülsoy, G., Tayanç, M. ve Ertürk, F., 1999. "Chemical Analyses of the Major Ions in the Precipitation of Istanbul, Turkey", Environment Pollution, 105, 273-280.
- Gündüz T., 1994. Çevre Sorunları. Ankara Üniversitesi, Fen Fakültesi, Kimya Bölümü, Ankara.
- Granat, L., 1972. "On the Relation Between pH and the Chemical Composition of Atmospheric Precipitation", Tellus, 24, 550-560.
- Groupe Environment S.A., 1995. Technical Manual, MP101M Suspended Particulate Beta Gauge Monitor, France.
- Groupe Environment S.A., 1997. Technical Manual, AF21M-LCD UV Fluorescent Sulfur Dioxide Analyzer, France.
- Groupe Environment S.A., 1997. Technical Manual, AC31M LCD Chemiluminescent Nitrogen Oxide Analyzer, France.
- Groupe Environment S.A., 1997. Technical Manual, CO11M-LCD IR Correlation Carbon Analyzer, France.
- Groupe Environment S.A., 1997. Technical Manual, O₃ 41M-LCD UV Photometry Ozone Analyzer, France.
- Groupe Environment S.A., 1999. Technical Manual, HC51M-LCD Total and Nonmethanic Hydrocarbon Analyzer by Flame Ionization Detector (F.I.D), France.
- İncecik, S., 1994. Hava Kirliliği Teknik Üniversite Matbaası, İstanbul, 26-41.
- Katsoulis, B.D. ve Whelpdale, D.M., 1990 "Atmospheric Sulfur and Nitrogen Budgets for Southeast Europe", Atmospheric Environment, 24A, 12, 2959-2970.
- Kaya, G. ve Tuncel, G., 1997. "Trace Element and Major Ion Composition of Wet and Dry Deposition in Ankara, Turkey", Atmospheric Environment, 31, 3985-3998.
- Keene, W.C., Galloway, J.N. ve Holden J.D., 1983. "Measurement of Weak Organic Acidity in Precipitation from Remote Areas of the World", Journal of Geophysical Research, 88, 5122-5130.
- Keene, W.C. ve Galloway, J.N., 1984. "Organic Acidity in Precipitation of North America", Atmospheric Environment, 18, 2491-2497.

- Kubilay, N. ve Saydam, A.C., 1995. "Trace Elements in Atmospheric Particulates over the Eastern Mediterranean: Concentrations, Sources and Temporal Variability", Atmospheric Environment, 29: 2289-2300.
- Kubilay, N., Koçak, M., Özsoy, E. ve Saydam, A.C., 2001. "Mineral Tozun Doğu-Akdeniz Atmosferindeki Değişimi: Afrika Çöllerinden Uzun Mesafeli Atmosferik Taşınımın Gösterilmesi", IV. Ulusal Çevre Mühendisliği Kongresi Bildiriler Kitabı, TMMOB, Çevre Mühendisleri Odası, İçel.
- Likens, G., Wright, R., Galloway, J. ve Butler, T., 1979. "Acid Rain", Scientific American, 43 59-67.
- Loye-Pilot, M.D., Martin, J.M. ve Morelli, K., 1986. "Saharan Dust: Influence on the Rain Acidity and Significance for Atmospheric Input to the Mediterranean", Nature, 321 427-428.
- Mamane, Y., Dayan, U. ve Miller, J.M., 1987. "Contribution of Alkaline and Acidic Sources to Precipitation in Israel", Science of the Total Environment, 61, 15-22.
- Masters, G. M., 1991. Introduction to Environmental and Science, Prentice Hall International, Editions, 282.
- Mitscherlich, G., 1995. Die Wlt in der wir leben. Entstehung-Entwicklung, heutige Stand, Rombach Ökologie Rombach Verlag, Freiburg.
- Müezzinoğlu, A., 1987. Hava Kirliliğinin ve Kontrolünün Esasları, Dokuz Eylül Üniversitesi Yayınları, Yayın no: 0908.87.DK.006.042, İzmir.
- National Center for Atmospheric Research, 1989. Information Office Pres Clipping.
- Ottley, C.J. ve Harrison, R.M., 1992. "The Spatial Distribution and particle size of some inorganic nitrogen, sulfur and chlorine species over the North-Sea" Atmospheric Environment, 26A, 1689-1699.
- Örnektekin, S. ve Çakmaklı, S., 2003. "Chemical Composition and Acidity of Rain at the Gulf of Iskenderun, North-East Mediterranean", Water, Air and Soil Pollution: Focus, 3, 151-166.
- Stockwell, W.R. ve Calvert, J.G., 1983. "The Mechanism of the HO-SO₂ Reaction", Atmospheric Environment, 17, 2231.
- Resmi Gazete, 2008. "Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği", Başbakanlık Basımevi, 26898.
2001. Refik Saydam Hıfzısıhha Merkezi Başkanlığı Çevre Sağlığı Araştırma Müdürlüğü
- 2007, 2008, 2009. Trabzon Valiliği İl Çevre ve Orman Müdürlüğü, Trabzon İl Çevre Durum Raporu.

2006. Çevre ve Orman Bakanlığı Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü Asit Yağmurları ve Hava Kirliliği Değerlendirme Raporu Ankara.
- 2008, 2009. T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü.
2008. Çevre ve Orman Bakanlığı Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü “Asit yağmurları ve etkileri”
- 2008, 2009. Çevre ve Orman Bakanlığı Devlet Meteoroloji İşleri, Trabzon Meteoroloji Bölge Müdürlüğü.
- Tuncel, S. ve Ungör, S., 1996. “Rainwater Chemistry in Ankara, Turkey” Atmospheric Environment, 30, 2721-2727.
- Türker, P., 2005. “Mersin’de Yağmur Suyunun Temel İyonik Bileşimi-Asit Yağmurları”, Yüksek Lisans Tezi, Mersin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Mersin.
- Uzunali D., 2004. “Trabzon Kent Merkezi İçin 1998-2002 Verilerine Dayalı Hava Kirliliği Haritaları Çalışması”, Yüksek Lisans Tezi, KTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Vong, R.J., 1990. “Mid-Latitude Northern Hemisphere Background Sulphate Concentration in Rainwater”, Atmospheric Environment, 24A, 1007-1018

ÖZGEÇMİŞ

1981 yılında Akçaabat'ta doğdu. İlk ve ortaöğrenimini Akçaabat'ta tamamladıktan sonra, 2001 tarihinde KTÜ Maçka Meslek Yüksekokulu Laboratuvar programından, 2006 yılında Atatürk Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Kimya Bölümünden mezun oldu. 2007 yılında KPSS ile Trabzon Adli Tıp Kurumuna atandı. Halen aynı yerde görevini devam etmekte olup, orta derecede İngilizce bilmektedir. Evli ve bir kız çocuk sahibidir.