T.C.
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BAKÜ HAVA KİRLENMESİNDE SO_2'NİN ROLÜ VE METEOROLOJİK OLAYLARLA İLİŞKİSİNİN ARAŞTIRILMASI

İlahe İBRAHİMOVA

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ Anabilim Dalını

Ağustos-2013
KONYA
Her Hakkı Saklıdır

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

BAKÜ HAVA KİRLENMESİNDE SO_2'NİN ROLÜ VE METEOROLOJİK OLAYLARLA İLİŞKİSİNİN ARAŞTIRILMASI

İlahe İBRAHİMOVA

Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr.Şükrü DURSUN

2013, 75 Sayfa

Jüri
Danışman Doç. Dr.Şükrü DURSUN
Doç. Dr. Murat YAKAR
Yrd. Doç. Dr. Dünyamin GÜÇLÜ

Bu çalışmada, Bakü Şehir Merkezinde havada bulunan ve hava kirliliğini oluşturan başlıca kirleticilerden kükürt dioksit (SO_2) konsantrasyonlarının meteorolojik faktörlerle ilişkisi araştırılmıştır. Tezde Bakü merkezinde bulunan ölçüm istasyonlarından Temmuz – 2012 ve Mart – 2013 tarihleri arasındaki sürede derlenen günlük örneklerle gerçekleştirilmiştir. Örneklerde kükürt dioksit analizleri yapılmış, elde edilen konsantrasyon değerleri ile meteorolojik veriler arasındaki ilişkiler istatistik yöntemlerle araştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar Bakü Şehir Merkezinde seçilen kirletici konsantrasyonları ile meteorolojik faktörlerden sıcaklık, nem, basınç, yağış ve rüzgâr arasındaki ilişkiyi ortaya koymaktadır.

Anahtar Kelimeler: Hava Kirliliği, Meteorolojik Faktörler, Kükürt Dioksit, İstatistik, Bakü.

ABSTRACT

M. Sc. THESIS

INVESTIGATION OF SO_2 ROLES ON AIR POLLUTION OF BAKU AND RELATION WITH METEOROLOGICAL FACTORS

İlahe İBRAHİMOVA

THE GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE OF SELCUK UNIVERSITY

THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE OF PHILOSOPHY IN ENVİRONMENTAL ENGİNEERING

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Şükrü DURSUN

2013, 75 Pages

Jury
Supervisor Assoc. Prof. Dr. Şükrü DURSUN
Assoc. Prof. Dr. Murat YAKAR
Assist. Prof. Dr. Dünyamin GÜÇLÜ

The relation of meteorological factors with sulfur dioxide (SO2) was investigated in this case study which are the most harmful air pollutants in Baku City Center. This thesis study was perfotmed on a daily basis samples collected from the measurement stations in Baku during the period of between July-2012 and January-2013. Analyses of sulfur dioxide samples were obtained and the relations between the obtained concentration values and meteorological data were investigated with statistical methods. The achieved results indicate a relation between the selected pollutant concentrations and the meteorological factors such as temperature, humidity, pressure, wind and rain in Baku city center.

Keywords: Air Pollution, Meteorological Factors, Sulfur Dioxide, Statistic, Baku.

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Çevresel bozulmaların arttığı günümüzde, hayatımızın her yönüyle bu bozulmaların etkilerine şahit olmaktayız. Bu etkileşimlerin en direkt olarak yaşandığı alanlardan biri olan hava kirliliği, özellikle gelişmiş şehirlerde daha farklı bir mekanizma ile tetiklenmektedir. Çalışma Bakü il merkezinde meteorolojik şartların hava kirliğinde ne derecede rol alacağının önceden bilinmesi ve bu koşulları yaratan emisyon ve meteoroloji verilerinin derlenip değerlendirilmesi ve havadaki SO_2'nin meteorolojik olaylar vasıtasıyla en fazla yayıldığı bölgelerin bulunmasını amaçlanıyor.

Önceki çalışmalarımda olduğu gibi bu tez çalışmasında da her konuda bana yardımcı olan danışmanım Sayın Doç. Dr. Şükrü DURSUN'a sonsuz teşekkürlerimi iletirim. Ayrıca çalışmam boyunca yardımlarını esirgemeyen Az. C. Ekoloji ve Doğal Kaynaklar Bakanlığı İklim Değişimleri ve Ozon Merkezinin müdürü Sayın Gülmalı Süleymanova ve Bakanlıktaki çalışma arkadaşlarıma teşekkürlerimi sunarım.

Meteorolojik veriler konusunda yardımlarından ötürü Hidrometeoroloji Tahminler Bürosuna ve SO_2 verilerini ölçümünde yardımlarından dolayı Atmosfer Havasının Kirlenmesinin İzleme laboratuarına teşekkürlerimi sunarım.

İlahe İBRAHİMOVA
KONYA-2013

İÇİNDEKİLER

ÖZET ..... **iv**

ABSTRACT ..... **v**

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR ..... **vi**

İÇİNDEKİLER ..... **vii**

SİMGELER VE KISITLAMALAR ..... **x**

ŞEKİL LİSTESİ ..... **xi**

ÇİZELGE LİSTESİ ..... **xii**

1. GİRİŞ **1**

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI **3**

3. ARAŞTIRILAN BÖLGENİN TANITILMASI **6**

3.1. Bakünün coğrafi özellikleri **6**

3.2. Bakünün topografik özellikleri **7**

3.3. Bakünün iklim özellikleri **7**

3.3.1. Sıcaklık **9**

3.3.2. Rüzgar **10**

3.3.3. Nem **10**

3.3.4. Yağış **10**

3.3.5. Basınç **11**

4. HAVA KİRLİLİĞİ VE KİRLETİCİLER **12**

4.1. Hava Kirletici Kaynaklar **12**

4.1.1. Alansal Kaynaklar **13**

4.1.2. Çizgisel Kaynaklar **13**

4.1.3. Noktasal Kaynaklar **13**

4.2. Çeşitli Hava Kirleticiler 14

4.2.1. Karbon Monoksit (CO) 16

4.2.2. Kükürt oksitler 17

4.2.2.1. Kükürt Dioksit (SO_2) 17

4.2.3. Azot oksitleri (NOx) 19

4.2.4. Partikül maddeler (Duman) 20

4.2.5. Diğer kirleticiler 22

4.2.5.1. Fotokimyasal Sis (Smog) 23

4.2.5.2. Atıksu arıtma tesislerinden kaynaklanan hava kirliliği ….....…. 23

4.2.5.3. İklim Değişikliği 23

4.2.5.4. Asit Yağışları 24

4.3. Meteorolojik koşulların kirleticilerin atmosferde dağılmasına etkisi 25

4.4. Bakü İl Merkezinde kirliliğin sebepleri 27

5. MATERYAL VE YÖNTEM 30

5.1. Kükürt Dioksit Ölçümünde Kullanılan Metotlar 30

5.1.1. Kullanılan cihazlar ve yardımcı vasıtalar 30

5.1.2. Kullanılan Kimyasal Maddeler 31

5.2. Analizden önce hazırlık 32

5.2.1. Çözeltinin hazırlanması 32

5.2.2. Kalibrasyon grafiğinin kurulması 34

5.2.3. Stok şişenin hazırlanması 35

5.3. Kükürd Dioksit Tayin İşlemi 36

5.3.1. Kükürt Dioksidin Numunesinin alınması 36

5.3.2. Analizin gidişi 36

5.4. Meteorolojik Verilerin alınması 37

6. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA 38

7. METEOROLOJİK PARAMETRELER İLE KİRLETİCİLER ARASINDA YAPILAN İSTATİSTİKİ ÇALIŞMA 52

8. SONUÇLAR VE ÖNERİLER 56

8.1 Sonuçlar 56

8.2 Öneriler 57

KAYNAKLAR 58

EKLER 62

ÖZGEÇMİŞ 63

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

CO: karbon monoksit
^0C: santigrat derece
HC: hidrokarbonlar
HNO_3: nitrik asit
H_2O: su
H_2SO_4: sülfürik asit
H_2S: hidrojen sülfür
Kg: kilogram
km: kilometre
km^2: kilometre kare
L: litre
m: metre
m^3: merte küp
mm: milimetre
μm: mikrometre
mb: milibar
mg: miligram
ml: mililitre
N: normalite
NO_x: azot oksitleri
NO_2: azot dioksitin
NO_3: azot monoksit
O_2: oksijen
O_3: ozon
PM: partikül madde
s: saniye
sm^2: santimetre kare
SO_x: kükürt oksitleri
SO_2: kükürt dioksit
SO_3: kükürt trioksit

Kısıtlamalar

a.i.t.: Analiz için temiz
IES: Isı elektrik santrallerinin
IPCC: Uluslararası İklim Değişikliği Kurulu
İKH: İzin verilen konsantrasyon
k.t.: Kimyasal temiz
PAN: Peroksiasetil nitrat
PBzN: Peroksibenzoil nitr
t.: Temiz
TKM: Tetraklormerkurat
UV: Morötesi
WMO: BM Dünya Meteoroloji Örgütü

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 3.1. Bakü şehrinin haritası 6

Şekil 4.1. Azerbaycan Cumhuriyeti için atmosfer havasına atılan kirleticilerin miktarı bin ton ile (1990-2009 yılları) 15

Şekil 4.2. 2009 yılında atmosfer havasına atılan kirleticilerin(bin ton ile) kaynaklar üzere diagramı 16

Şekil 4.3. 1952 Yılında Londra Yaşanan Hava Kirliliği Etkisi 18

Şekil 4.4. Aerosollerin tane iriliklerine göre sınıflandırılması 21

Şekil 4.5. Asit yağışlarının oluşumu 25

Şekil 4.6. Kirleticilerin rüzgar vasıtasıyla yayılması 26

Şekil 4.7. Bakü şehrinin sanayi atıkları ile kirlenmesi 28

Şekil 4.8. Kükürt dioksitin (SO_2) ortalama konsantrasyonunun dağılımı grafiği 28

Şekil 4.9. SO_2'nin rüzgar vasıtasıyla dağılımı 29

Şekil 5.1. Spektrofotometr 31

Şekil 5.2. Kükürt dioksitin (SO_2) tayini için kalibrasyon grafiği 35

Şekil 6.1. Bakü İl Merkezinin rüzgar gülü 51

Şekil 7.1. Esas hava kirleticilerinin kaynakları (memmedov, 2004) 53

Şekil 8.1. Eylül ayında nem (gündüz) ile SO2 konsentrasyonunun grafiği 56

ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge 3.1. Bakü İl Merkezinde bazı meteorolojik parametreler 8

Çizelge 5.1. Kalibrleme grafiğinin kurulması için standart çözeltinin hazırlanması 35

Çizelge 6.1. Bakünün 2012 - Temmuz, Ağustos, Eylül ayları üzre SO_2 değerleri 38

Çizelge 6.2. Bakünün 2012 - Ekim, Kasım, Aralık ayları üzre SO_2 değerleri 39

Çizelge 6.3. Bakünün 2013 – Ocak, Şubat, Mart ayları üzre SO_2 değerleri 40

Çizelge 6.4. Bakünün dokuz aylık ortalama SO_2 değerleri 41

Çizelge 6.5. Bakü Bölgesinin 2012 temmuz ayının Meteorolojik Verileri 42

Çizelge 6.6. Bakü Bölgesinin 2012 ağustos ayının Meteorolojik Verileri 43

Çizelge 6.7. Bakü Bölgesinin 2012 eylül ayının Meteorolojik Verileri 44

Çizelge 6.8. Bakü Bölgesinin 2012 ekim ayının Meteorolojik Verileri 45

Çizelge 6.9. Bakü Bölgesinin 2012 kasım ayının Meteorolojik Verileri 46

Çizelge 6.10. Bakü Bölgesinin 2012 aralık ayının Meteorolojik Verileri 47

Çizelge 6.11. Bakü Bölgesinin 2013 ocak ayının Meteorolojik Verileri 48

Çizelge 6.12. Bakü Bölgesinin 2013 şubat ayının Meteorolojik Verileri 49

Çizelge 6.13. Bakü Bölgesinin 2013 mart ayının Meteorolojik Verileri 50

Çizelge 7.1. Bakü il merkezinin aylar üzere ortalama meteorolojik faktörler ile kirleticiler arasındakı korelasyon katsayıları 52

Çizelge 7.2. Bakü il merkezinin dokuz aylık ortalama meteorolojik faktörler ile kirleticiler arasındakı korelasyon katsayıları 52

Çizelge 7.3. Ortalama ve maksimum sınır değerleri 53

Çizelge 7.4. Ülkede kişi başına düşen esas kirletici miktarı (kg ile) 54

1. GİRİŞ

Gezegende tüm yaşam günlük nefes aldığımız havanın durumundan asılıdır. Atmosfer havası insanların, bitkilerin ve hayvanların yaşadığı ortamın yaşamsal önemli bileşenidir. Onun için en önemli çevresel sorunlarından biri hem ülkemiz, hem de dünya için atmosfer havasının kirlenmesidir.

Atmosfer tabakası 550-600 km kalınlığında olup 4 tabakadan meydana gelmektedir. Fakat kullanmış olduğumuz hava tabakası sadece, yerden yaklaşık 19 km yüksekliğe kadar olan troposfer tabakasıdır. Bu tabakanın kimyasal yapısı normal olarak % 78 azot, % 21 oksijen, % 0,1 argon, % 0,03 karbondioksit ve % 0,79 oranında diğer gazlardan meydana gelmektedir. Bu tabakanın çeşitli gaz, toz ve aerosol gibi kimyasal maddelerin karışmasıyla bozularak, canlılara zarar vermesi ve hatta ölümlere sebep olması "hava kirliliği" olarak tanımlanmaktadır.

Hava kirletici kaynakların ve hava kirliliğin seviyesinin belirlenmesi, hava kalitesi kontrol çalışmalarının önemli yer alır. Bu nedenle hava kirliliğinin önemli olduğu yörelerde kirlilik seviyesinin önceden tahmini önemli bir husustur. Özellikle kirliliğin yoğun olarak yaşandığı kış aylarında, meteorolojik olaylara bağlı olarak hava kirliliğinin önceden bilinmesi, zamanında bazı tedbirlerin alınmasına ve hava kirliliğinden etkisinde en az düzeyde etkiye maruz kalınmasını sağlayacaktır.

Hava kirliliğinin en önemli kaynağını havada askıda bulunan partikül maddeler yani tozlar, aerosoller ve kimyasal maddeler teşkil ederler. Ortalama gaz molekül büyüklüğü 0,0001 μm çaptan iri olan ve havada bir süre askıda kalabilen katı veya sıvı her türlü madde partikül sınıfına girer.Bu asılı maddelerin çok ince olup da havada kolloidal süspansiyon oluşturanlarına aerosoldenir. Doğal sis olayına asıl etken bu aerosollerdir. Bu çalışmada partikül maddeler üzerinde durulacaktır.

Hava kirliliğine sebep olan kimyasal maddeler, teneffüs ettiğimiz hava tabası ile beraber bulunduğu için etkileri en çok solunum yollarında görülmektedir. Hava kirliliğinin yoğun olduğu bölgelerde bronşit ve astım şikayetleri artmaktadır. Bitkilerde ise, önce yaprakların stoma hücreleri görevini yapmaz hale gelmekte ve sararmalar sonunda kurumaya sebep olmaktadır. Yaprakların kuruması sonucunda bitki kökleri yeterince beslenemez ve tamamen kurur.

Atmosferin kirlenmesinin azaltılması yönünde çeşitli kapsamlı tedbirler alınmaktadır. Buna örnek olarak teknolojik süreçlerin geliştirilmesi ve sanayi üretimine

uygulanması, sanayi tesislerinin ve Isı elektrik santrallerinin (IES) konstrüksiyonu, ayrıca çok sayıda atmosferi kirleten kaynakların kaldırılması ve gaz temizleyici tesislerinin geliştirilmesini gösterebiliriz. Görülen tedbirlere rağmen atmosfere zararlı maddelerin atıklarının atılmasını tamamen önlemek mümkün değildir. Örneğin: Ülkenin atmosferine atılan 997000 ton kirletici maddelerinin % 60'i Bakü'nün payına düşüyor. Bakü Azerbaycan'ın en kalabalık yerleşim yeri olmakla birlikte sanayinin de en yoğun olduğu şehirlerden biridir. Başta kış ayları olmak üzere meteorolojik şartlara bağlı olmak üzere sıklıkla insan sağlığını tehdit edecek hava kirliliği olayları yaşanmaktadır. Bu yüzden Bakü il merkezindeki hava kirliliğinin bilimsel olarak tespit edilmesi gerekmektedir. Bu tespitle birlikte kava kirliliğine sebep olan faktörlerin belirlenmesi de hava kirliliği olaylarının önlenmesinde alınacak tedbirlere ışık tutacaktır. Malumdur ki, hiç de her zaman tüm büyük atmosferi kirleten sanayi kaynaklarını kentin dışına çıkarmak mümkün olmuyor ve arındırıcı tesislerin işinin verimliliği hiç de her zaman gerekli temizlemeye yardımcı olur. Böyle durumlarda kısa bir süre içinde şehrin havasının tehlikeli kirlenmesini belirleyen olumsuz hava koşulları sırasında atıkların azaltılması konusu açığa çıkıyor. Bu nedenle sanayi tesislerinin planlanması, tasarımı ve işletilmesi sırasında atmosfer kirlənməsində meteorolojik faktörlerin dikkate alınması büyük önem taşımaktadır. Buna meteorolojik parametrelerden asılı olarak atmosferin kirlenmesi koşullarının, havanın kirlilik seviyesinin öğrenilmesi ve gaz atıklarının azaltılması tedbirleri dâhildir.

Şehir havasının kirlilik koşullarının ve meteoroloji parametrelerin incelenmesi için yüzey ve aerolojik gözlemlerden ilave son zamanlarda yerin yapay uydularından alınan bilgilerin kullanılmasına büyük yer verilmektedir.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Huang ve ark (2013) tarafından arazi yerleşim planının SO_2 ve NO_2 kirliliği üzerinde etkisi incelenmişler. Ilık ve soğuk dönemler karşılaştırıldığında soğuk dönemde kirliliğin kritik seviye ulaştığı gözlenmiştir. Bölgede kirlilik modellenmesi yapılmıştır.

Luvsan ve ark. (2012) şehirleşme ve endüstrileşme ile birlikte artan hava kirliliğine işaret etmişlerdir. 1996'dan 2009'e kadar hava kirliliği tahminleri üzerinde durmuşlardır. Mevcut verilerin kullanılarak gelecek için hava kirliliği tahmini yapılması üzerine durmuşlardır.

Leitte ve ark. (2009) tarafından hava kirliliği ile solunum yolu hastalıkları incelenmiştir. SO_2 ve NO_2 kirliliğinin hastalıklarla ilişkisini göstermişlerdir. Etkinin bronşit hastalarında daha etkili olduğu ortaya konulmuştur.

Liu & Zhang (2009) hava kirleticileri (TSP, SO_2, NOx) ile çocuklarda (7-15myaş arası) rastlanan akciğer fonksiyonu arasındaki korelasyon incelemişlerdir. Çalışmalarını 7 şehirde ve kız erkek çocukları üzerinde derlemişler. Araştırma bölgesinde hava kirletici değerleri TSP; 0.084 mg/m^3–0.835 mg/m^3 arsında, SO2; 0.013 mg/m3–0.929 mg/m3 arasındadır.

Kan ve diğ. (2010) Çin şehirlerinde SO_2 ve ölümler arsındaki kısa süreli etkileşimleri incelemişlerdir. Mevsimsel etkileri ortaya koymuşlar ve ayrıca başta Cl olmak üzere diğer hava kirleticilerinin bulunmasının bu etkileri arttırdığını ileri sümektedirler.

Nguyen ve Kim (2006) dört farklı hava kirliliği ölçüm istasyonunun SO_2 kirliliği değerleri irdelenmiştir. Kore'de 7 şehirde farklı tip hava kirliliğinin 1998–2003 döneminde SO2 değerleri incelenmiştir. SO2 değerlerinin 1 ile 14 ppb arsında değişmektedir.

Shang ve diğ. (2013) Çin'de sistematik yapılan incelemeleride kısa süreli hava kirliliği etkileri ile ölümler arasındaki ilişkilere bakılmıştır. Villeneuve (2012) ve diğ. hava kirliliği kısa süreli etkisini çalışmışlar. Artan süreyle etkinin arttığı ortaya konulmuştur. 5 (NO_2, $PM_{2,5}$, CO, O_3, ve SO_2) farklı hava kirleticisi incelenmiştir. Organik kirlilik olan bölgelerde Cl konsantrasyonunun artısının hava kirliğini etkisini arttırdığını gözlemlemişlerdir.

O´Neill ve diğ. (2013) Mexico City şehrinde yeni doğan bebeklerde hava kirliği ve iltihaplı hastalıkların vakalarını incelemişlerdir. Aynı zamanda bu bekler

ve anneleri ile hastalık olaylarının oluşum çeşitlerine bakmışlardır. Toksikolojik vakaların hava kirliliğinin artışı ile paralellik gösterdiği gözlenmiştir.

Yu ve diğ. (2012) Çin'in Guangzhou şehrinde insanların yaşam ortamlarındaki hava kirliliği ile günlük ölüm oranları arsındaki ilişkileri incelemişlerdir. Ayrıca Zhou ve diğ. (2012) yine Çin'in Guangzhou şehrinde hava kalitesini değerlendirmişlerdir. Çalışmalarında ildeki 25 yıllık SO_2, NO_2, TSP ve PM_{10} ölçüm değerlerini kullanmışlar. Bunlardan en fazla öne çıkan TSP olmuştur. Ortalama değerler USA standartlarının üzerinde bulunmuştur.

Chen ve diğ. (2012) Çin'in 17 şehrinde NO_2 değerlerinin ölümler üzerine etkisi araştırtmıştır. Çalışmalarında two-stage Bayesian Hierarchical modellerini kullanmışlardır. Önceki çalışmaların dışında kısa dönemlik etkiler yerine uzun süreli ve mevsimlik etkiler irdelenmiştir. NO_2 değerlerinin 26 $\mu g/m^3$ ila 67 $\mu g/m^3$ arasında olduklarını göstermişlerdir. Yaşlı insanlar üzerinde riskin daha büyük olduğu ortaya konmuştur.

Cao ve diğ. (2012) yaşam ortamı hava kirliliğinin hastane acil servisleri ve civarındaki etkiler incelenmiştir. Çalışmalarında PM_{10}, SO_2, ve NO_2 kirleticileri incelenmiştir. Chang ve diğ. (2012) Tayvan'da hava kirleticilerin akciğer fonksiyonuna etkisini değerlendirmişlerdir. Çalışmalarında 12-16 yaşları arsında 10396 öğrenci incelemeye alınmıştır. Çalışmada birçok ortam faktörü, kirletici ve sağlık etkileri değerlendirtmiştir.

Özden ve diğ. (2008) Eskişehir ortam hava kalitesini artırmışlardır. Çalışmada 5 önemli hava kirleticisi (SO_2, NO_2, VOC ve PM) National Ambient Air Monitoring Network ile incelenmiş. Endüstri kaynakları, bölgesel faktörler ve mahalli ve uluslar arsı standartlarla değerlendirmeye alınmıştır.

Nagendra ve diğ. (2007) Bangalore şehrinde trafik kaynaklı hava kirliliğini incelemişlerdir. Çalışma sonuçların US EPA standartları ile değerlendirişlerdir. Çalışmada 1997 ila 2005 arası değerler kullanılmıştır.

González ve diğ. (2011) sahillerde deniz araçlarından kaynaklan nano boyutlu partiküller üzerinde çalışmışlardır. 2008-9 yıllarında 2.5 nm çapında daha küçük boyutlu kirleticiler ölçülmüştür. Daha çok taşıt kaynaklı kirleticilerin etkisi incelenmiştir. Çalışmada deniz taşıtları ile birlikte denizden kaynaklanan sıvı zerreciklerin karalara taşınımını ortaya koymuşlardır.

Costabile ve diğ. (2006) Çin'in Suzhou şehrinde temel hava kirleticilerinin birincil dağılımları incelenmiştir. NO_2, SO_2 ve organik kirleticilerin birincil dağılımları 100 ayrı noktada analiz edilerek istatistik teste tabi tutulmuştur. Testte bazı meteorolojik parametrelerin etkileri irdelenmiştir.

Meng ve diğ. (2013) Çin'in 4 şehrinde şehir hava kirliği ve nefes darlığından ölümler arasındaki ilişkileri incelemişlerdir. Kirleticilerden NO_2, SO_2 ve PM_{10} izlenmiştir. Bölgede gelişmeye bağlı olarak hava kirliliği ve solunum güçlüğünden ölümler arasında ilişki tespit edilmiştir. Çalışmada Poisson regression modeli kullanılmıştır.

Nickerson ve diğ. (1992) Mexico City şehrinde hava araçlarından kaynaklanan hava kirliliği üzerine araştırma yapmışlardır. Ölçümlerde partikül boyutu 0.12 ila 3.12 μm arasında bulunmuştur. Macías-Pérez ve diğ. (2008) CaO/actf karbon ile SO_2 absorblaması çalışmaları yapmışlardır. Çalışmada ayrıca O_2 konsantrasyonunun absorblamada etkili olduğu ortaya koyulmuştur. CaO rejenerasyonu ve ayrıca CaS olunuşumu ile geri kazanım da incelenmiştir.

Xiea ve diğ. (2011) düşük sıcaklıkta γ-alumina ile SO_2 ve NO absorpsiyonunu incelemişlerdir. Çalışmalarında Fourier transform spektroskopisi kullanmışlardır. West ve diğ. (2009) yanma egzozunda SO_2 ölçümü yapmışlardır. Çalışmada Ni:Cr yatak ortamında 850 ^oC çalışılmıştır. Başka yatak ortamı oluşturularak yine farklı sıcaklıklarda ölçümler yapılmıştır.

Dursun (1988) çalışmasında Karadeniz bakır işletmeleri ve Samsun Gübres Sanayinden kaynaklanan hava kirliliğin ölçümlerine yaparak hava kirleticileri ile bazı meteorolojik parametrelerin ilişkisini istatistiksel yöntemler kullanarak araştırmıştır. Bazı meteorolojik parametrelerin kirletici konsantrasyonu ile pozitif ilişkisi tespit edilirken pazı parametrelerde negatif ilişki gözlenmiştir.

Konya'da Söyleyici ve Dursun (2002) hava kirleticiler ile meteorolojik parametreler arasındaki ilişki SPSS paket programında çoklu korelasyon incelenmiştir. Özellikle kış mevsimi değerlerinin daha anlamlı sonuçlar elde edilmiştir.

3. ARAŞTIRILAN BÖLGENİN TANITILMASI

3.1. Bakünün Coğrafi Özellikleri

Bakü Azerbaycan'ın başkenti ve en büyük şehridir. Yüzölçümü 2130 km²'dir. Hazar Denizi'nin batı kıyısında, Apşeron Yarımadası'nın güney kısmında yer alır. Apşeron Hazar Denizi'nin batı kıyısında en büyük yarımadadır. O, Azerbaycan Cumhuriyeti'nin doğusunda, Büyük Kafkasların güneydoğusundadır. Batı'da Gobustanla komşu, uzunluğu 60 km, genişliği en geniş yerde 30 km'yi bulur. Yarımada'nın yüzeyi geniş ovalıktan, birbirinden derelerle ayrılan tire, yayla ve tepeliklerden oluşmaktadır. Onun batı kısmı nispeten yüksektir. Sahilboyu yeralan kısmı okyanus seviyesinden 28 metre kadar aşağıda bulunmaktadır, burada çok sayıda çamur volkanı var.

Bakü Hazar denizinin batısında, Apşeron yarmadasının güneyinde 40^{o},23' enlik 49^{o},51' uzunluk meredianlarının kesiştiği noktada yerleşmiştir, Şekil 3.1. Bakü'ye alanı 2,2 bin km^2 olan arazi dahildir ki, o da tam şehir değil, toplanma alanlardan oluşmaktadır. Bakü 6 idari bölgeden oluşur: Nerimanov, Nasimi, Nizami, Sabayıl, Hatayi, Yasamal.



Şekil 3.1. Bakü şehrinin haritası (Az. Res. Ekoloji Atlas)

Şehrin merkezi bölümü Bakü limanı doğru inen amfitiyatro biçimindedir, her iki taraftan denize inişi var. Bu Hazar Denizi'nde en avantajlı ve geniş limandır. O, doğudan Sultan, batıdan ise Hasar ve Şıhov burunları ile sınırlıdır. Liman kuzeyden güneye doğru 8 km kadar uzanır. Buna şehrin güney, en düşük bölümü kavuşuyor. Merkezde ve otoyol boyu yapılar yoğun, şehir çevresinde seyrektir. Şehir civarı araziler petrol çıkarma merkezleridir. Burada tren yolu ulaşımı, Makine, inşaat malzemeleri (çimento üretimi, kireç üretimi) tesisleri bulunmaktadır, madensuları (Şıh, Suraxanı) bulunmaktadır. Şehir çevresinde çok sayıda çamur volkanları (Keyreki, Lökbatan) ve tuzlu göller var (Büyükşor, Hocahəsən). Şehirde Apşeron tatil bölgesi ve plajlar bulunuyor. Şehir dünya okyanusu seviyesinden 28 metre aşağıda yer almaktadır.

3.2. Bakünün Topografik Özellikleri

Bakü Kafkasya'da en büyük sanayi merkezlerinden biridir. Şehrin yüzey şekli düzenli-tepelidir. En alçak yerleri Hazar kıyısı şerit, dünya okyanusu seviyesinden aşağıda bulunmaktadır. Bakü şehrinin yüksek kısmı batıda bulunmaktadır. Badamdar dağı ve Zığ tepesinde 200 metreden fazla değildir. Şehrin batı bölümü daha dik, bazı yerlerde yamaç yüzey şekline sahiptir. Kuzeybatı bölümde yüzey girintili-çıkıntılı olduğu için Bakü, şu anda nispeten yumuşak yüzey şekli kuzeydoğu ve doğu yönünde gelişiyor.

Bakü Yaylası batıda Yasamal deresi, kuzeyde Büyükşor çukuru, doğuda ise Emircan, Garaçukur çukurları ve Hövsan ovası ile kapsamaktadır. Bakü amfitiyatrosu ise aynı adlı Yaylanın güneye devamını teşkil ediyor.

Bakü Yaylası okyanus seviyesinden, yükseklikleri 22 ile 122 metre arasında tereddüt eden 6 deniz basamakları ile kuşatılmıştır. Eni bazı yerlerde 500-600 metreye varan yay şekilli birkaç dev basamaklar yaylaya amfitiyatro biçimi verir.

3.3. Bakünün İklim Özellikleri

Bakü'nün ikliminin oluşmasında Apşeron yarımadasının ve onu kapsayan arazinin, denizin, Baş Kafkasya serisinin devamı olan tepeliklerin fiziki-coğrafi ortamı temel rol oynar. Atmosfer süreçlerinin fiziksel-coğrafi ortamla olan etkileşimi sonucunda şehrin iklimi yayı kurak geçen ılımlı-sıcak yarım çöl subtropik ve kuru çöl

iklim tipine aittir. Çizelge 3.1'de Bakü İl Merkezine ait bazı meteorolojik parametreler verilmiştir.

Çizelge 3.1. Bakü İl Merkezinde bazı meteorolojik parametrelerin uzun yıllar ortalama değerlei (Milli Hidrometeoroloji Büro)

Aylar / **Meteorolojk Faktörler**	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	yıllk
Sıcakılk ^{o}C ortalama	3.8	4.0	6.2	11.0	17.7	22.6	25.7	25.6	21.6	16.6	10.9	6.5	14.4
En yüksek	21	27	31	31	33	39	40	39	35	35	29	27	40
En düşük	-13	-8	-7	0	4	8	14	14	7	0	-6	-9	-13
Ortalama en düşük	1.9	1.8	3.7	8.2	14.4	19.3	22.6	22.6	19.0	14.0	8.7	4.3	11.7
Yağış, mm	30	22	25	23	12	9	6	8	15	33	38	26	247
Rüzgar hızı, m/s	6.1	6.6	6.9	6.5	6.2	6.5	6.8	6.3	6.2	6.1	5.7	5.6	6.3
Nisbi nem, %	78	78	77	69	64	57	58	63	68	74	77	76	70
Bağıl nem, mb	6.6	6.5	7.2	9.4	13.0	16.0	19.4	20.8	17.8	14.0	10.2	7.5	12.4
Su yüzeyinden buharlaşma, mm	26	27	32	58	94	140	155	136	100	65	43	34	910

Apşeron yarımadası ve Bakü için meridional atmosfer süreçlerin etkisi daha açık ve geniş olması ile nitelendirilmektedir. Bu süreç diğer iklim faktörleri ile birlikte Azerbaycan'ın havasını ve faktörünü belirleyerek Apşeron yarımadası enstitüsünde 8 türde birleşir.

1. tür karsk antisiklonun etkisini gösteriyor. Bu zaman Azerbaycan topraklarına karasal arktik hava akımları dahil olarak havayı keskin kötüleştirerek, yani sıcaklığın düşmesi, yağışlar, güçlü rüzgarlar ve kışın karın düşmesi ile nitelendirilmektedir.

2. tür skandinov antisiklonun sonucunda arktik deniz havası ülke topraklarına girip hava koşullarını kötüleştiriyor, sıcaklık aşağı düşüyor, yağışlar kışın kar şeklinde gözlemleniyor. Kıyı yanı bölgelerde kasırga gözlemleniyor.

3. tür Azor maksimumu etkisi ile yumuşak en çevrelerinin deniz havasının girmesi ile birlikte gelir. Buludluluğun artmasına getiriyor, çok zaman yağışlara neden oluyor, sıcaklığın düşmesi az oluyor.

4. tür subtropikal antisiklon olmakla tropik havayı Azerbaycan'a getiriyor. Yazın ve kışın kuru sıcak hava ile birlikte gelir.

5. tür güney siklonunun etkisi sonucunda Azerbaycan'da, özellikle Apşeron yarımadası ve Bakü üzerinde bulutlu hava, atmosfer yağıntıları ve sıcaklığın düşmesi ile birlikte gelir.

6. çeşit Avrupa'nın güneyinde oluşan antisiklon sonucunda ılımlı enliklərin karasal havasının girmesi sonucu yılın soğuk dönemlerinde havanın kötüleşmesine, yani ısının düşmesine, yağış yağmasına yol açıyor.

7. tür Orta Asya üzerinde hava akımlarının yüksek basınç altında karışması ile havanın değişmesine az etki ediyor.

8. çeşit Azerbaycan ve Hazar Denizi üzerinde yerel atmosfer süreçlerinin türüdür ki, qradiyentsiz baskı alanında oluşur ve transformasiyaya yol açıyor. Havanın durumu bu zaman mevcut olan hava akımları ile nitelendirilmektedir.

Yay Bakü'de, özellikle onun güney bölgelerinde kuru ve sıcak geçer. Yüksek yaz sıcaklığı çoğu zaman güçlü kuzey rüzgarlarının etkisinde biraz ılımlı oluyor. Kış nispeten sıcak geçiyor. Kışın hava çoğu zaman bulutlu oluyor, sık sık yağmur yağıyor, bazen kar yağıyor. Bakü'de kar arktik hava kütlelerinin gelmesi ile ilgili olarak keskin gelişmiş soğuk cephe geçen zaman yağıyor. Kar örtüsü sürekli değildir. Bazı yıllarda hiç yağmıyor. Iklimin karakteristik özelliklerinden biri de burada sık sık güçlü kuzey, kuzeybatı ve güneybatı rüzgarlarının esmesidir. Rüzgarın yönü çoğu zaman Baş Kafkasya dizinlerinin etkisi ile ilgili oluyor.

Şunu da belirtmek gerekir ki, uygun iklim koşulları burada sıcak seven subtropikal bitkilerin yetiştirilmesine olanak sağlıyor. Ülke topraklarında sanayi önemli zeytin bağları olan ve çok değerli bitki sayılan safran yetiştirilen tek şehirdir.

3.3.1. Sıcaklık

Havanın sıcaklığı eşitsiz dağıtılmıştır. Havanın yıllık ortalama mutlak minimum sıcaklığı -5^{o}C'dir, mutlak maksimum sıcaklık ise 40^{o}C'ye ulaşır. Temmuz ayının ortalama sıcaklığı 22,1 ^{0}C - 31,5 ^{o}C, Ocak ayının ortalama sıcaklığı 2,3 ^{o}C - 7,5 ^{o}C oluşturmaktadır. Bakü şehrinde genel güneş radyasyonu yılda ortalama 133,0 kkal/sm^{2}-dir. Bu radyasyon toplamının büyük bölümü Nisan ayından Eylül ayına kadar düz radyasyonun, Ekim ayından Mart ayına kadar ise dağılan radyasyonun payına düşüyor.

Toplam güneş radyasyonunun yıllık gidişi güneş yüksekliği ve günün uzunluğu ile ilgilidir. Genellikle, Bakü için radyasyon dengesi olumludur ve en çok radyasyon dengesi Haziran ayında gözlemleniyor.

3.3.2. Rüzgar

Bakü'de yıl boyunca kuzey rüzgarları avantaj teşkil ediyor ve tekrarlanması% 40-50 teşkil eder. Ara sıra hızı 35-40 m/sn ulaşan kuzey rüzgarlaından başka, aynı zamanda kuzeybatı (30%) ve güneybatı (20%) rüzgarları gözlemleniyor. Rüzgarın hız qradasiyalarının %40,3'ni 2-5 m/sn,% 26,1'ini ise 6-9 m / sn rüzgar teşkil eder. Daha az %11,9'nu 10-13 m/san 'lik rüzgarlar teşkil ediyor. Kuzey yönünde rüzgarların esmesinin nedeni Apşeron yarımadasının yüzey şekli ve soğuk hava kütlelerini önleyen Baş Kafkas sıra dağlarının yerleşmesidir. Kuzey rüzgarlarına xezri rüzgarları denir. Rüzgarın ortalama yıllık hızı 6,3 m/sn 'den fazladır ve yıllık miktarı 67 güne ulaşıyor. Rüzgarın yıllık gidişinde onun güçlenmesi ilkbahar ve yaz döneminde görülür.

3.3.3. Nem

Bakü'nün havasında nem kuzeyden nemli hava akımlarının girişi ile izlenmektedir. Öyle ki, sahil kenarı bölgelerde sabah ve gündüz saatlerinde nemin ortalama yıllık değerleri uygun olarak %80-85 ve %65-70 teşkil eder. Şehirde nem çatışmamazlığının orta yıllık değeri 5,2-9,2 mb arasında değişiyor. Maksimum değeri temmuz-ağustos aylarında, minimum değeri ise Ocak-Şubat aylarında alır.

3.3.4. Yağış

Yağışlar düzensiz olarak dağıtılmıştır ve çokluk teşkil etmiyor. Yağıntının yıllık miktarı 274 mm'dir. Yağıntılı günlerin yıllık miktarı ise 74'dür. En çok şehrin kuzeydoğu bölümüne, en az ise güneybatı kısmında görülür. Yağıntının% 60-70'i sonbahar aylarında kaydediliyor. Yazın yağışlar az oluyor 20-25 mm, bu da yıllık yağış miktarının %10 'dur.

3.3.5. Basınç

Atmosfer basıncı yıl boyunca atmosfer sirkulasyonunun karakterinden ve yılın mevsiminden asılı olarak hayli değişiyor. Daha yüksek basınç yılın soğuk döneminde, daha düşük basınç ise atmosferin genel ısınması ile ilgili olarak sıcak yarım yıllında kaydedilior. Atmosfer basıncı kendini açıkça gösteren yıllık gidişe sahiptir: maksimum ortalama Kasım-Ocak, minimum ise Temmuz-Ağustos aylarına düşüyor.

4. HAVA KİRLİLİĞİ VE KİRLETİCİLER

Atmosfer dört tabakaya ayrılır. Bunlar aşağıdakılardır:

1) Troposfer (kalınlığı 10-15 km)
2) Strotosfer (kalınlığı 35-40 km)
3) Mezosfer (kalınlığı 30-35 km)
4) İyonosfer (kalınlığı 10-15 km)

Troposfer bütün canlı faaliyetlerinin içinde gerçekleştiği tabakadır. Toplam atmosfer kitlesinin %70'i bu tabakada toplanmışdır. Bu yüzden atmosfer kilenmesi denince akla troposfer kirlenmesi gelir. Hava kirliliği atmosfere atılan maddelerin doğrudan veya dolaylı olarak diğer maddelerle reaksiyona girmesiyle oluşmaktadır.Bu kaynaklardan atılan kirleticiler meteorolojik olaylar vasıtasıyla havanın daha büyük ölçekde kirlenmesine neden oluyorlar. Meteorolojik olaylar kirleticileri atmosferde enine boyuna çeşitli yönlere dağıtır. Enine dağıtmalar bazen on binlerce kilometreyi bulabilir. Ancak boyuna dağıtmalar oldukça sınırlı olup yaklaşık 25 – 30 km kadardır. Çünki atmosfer olayları atmosferin bu kadarlık kısmında yoğunlaşmıştır.

Esas kirlenme troposfer tabakasında meydana gelir. Ancak bu tabakadan sızan gazlarla bunun hemen üstündeki strotosfer tabakası da bir miktar kirlenir. Böyle bir kirlenme canlıları doğrudan etkilemese de, dolayı olarak etkiler. Ozon tabakası atmosferin bu kısmında yerleşir ve ozon kilenmenin etkisiyle parçalanır. Bu da ozon tabakasının kirlenmesine ve delinmesine neden olur.

4.1. Hava Kirletici Kaynaklar

İki grupa ayrılır:

Doğal yollar vasıtasıyla kirlenme; volkanlar, tozlar, orman yangınları, suyüzeyinden olan atılmalardır.

Antropojen kaynaklı kirlenme; İnsan kaynaklı hava kirliliği oluşum sebepleri genel olaraküç grupta toplanmaktadır.

4.1.1. Alansal kaynaklar

Bu grupta en önemli kaynak konutların ısıtılmasıdır. Isıtmada kullanılan yakıt cinsleri de fuel-oil, motorin, gaz ve odundur.

Konut ısıtılmasında ve enerji temininde kullanılan fosil yakıtlar içerisinde en büyük pay kömür ve petrole aittir. Kullanılan yakıtın kalitesi bu tür kaynaklardan gelen hava kirliliği üzerine çok fazla etki yapmaktadır.

4.1.2. Çizgisel kaynaklar

Bu tür hava kirliliği ulaştırma kaynaklıdır. Yolcu ve yük taşıyan araçların getirdiği kirlilik başlıcalarıdır. Bunlar benzinli, mazotlu ve gaz tribünlü içten yanmalı motorla çalışmaktadşrlar. Bu kaynaklardan yanma sonucu karbon monoksit (CO), azot oksitler (NOx), kükürt oksitler (SOx), hidrokarbonlar (HC) ve partiküller madde (PM) kirletici olarak atmosfere yayılmaktadır (Şen, 1996).

4.1.3. Noktasal kaynaklar

Bu gruptaki kaynaklar fabrikalar, sanayi ve enerji santralleridir. Bu işletmelerdeüretim yapmak için gerekli olan enerjiyi sağlamak için kullanılan yakıttan atmosphere kirletici çıkmaktadır. Ayrca noktasal olarak katı atıkların fırınlarda ve açık arazide yanması sonucu kirlenme oluşmaktadır. Yine benzin, boya maddeleri ve kuru temizleme çözeltileri gibi organik maddelerin buharlaşmasından noktasal olarak kirlilik meydana gelmektedir.

Hava kirliliği içerisinde endüstrinin payı ülkeden ülkeye değiştiği gibi ülkelerinendüstride kullandığı teknolojiye göre de değ iklik göstermektedir. Bilinen hava kirliliği sorunlarının, endüstri dallarına göre sıralaması aşağıdaki şekilde yapılabilir.

Demir çelik ve metal endüstrisi: Bu endüstri içerisinde meydana gelen basilica kaynaklar yüksek fırınlar, çelik fırınları, tasfiye fırınları ile metal kaplama ve ocaklardır. Bu fırınlardaki işlemlerin sonucunda ise CO, SO_2, kurşun, toz, kül, metal oksit ve dumanlar çıkar.

Maden endüstrisi: Duman ile madenin türüne göre de toz, SO_2 veya CO gazı oluşur.

Kimya endüstrisi: Bu endüstriye ait en temel kaynak kimyasal termik işlemlerdir.

Petrol endüstrisi: Rafinerilerdeki buharlaşma, parçalanma gibi işlemler petrol endüstrisindeki başlıca emisyon kaynaklarını oluşturur.

Kâğıt endüstrisi: Kağıt endüstrisinde kullanılan kağıt hamurunun işlenmesi esnasında yüksek miktarlarda buhara gereksinme duyulur. Buharın elde edilmesinde kullanılan fosil yakıtlar nedeniyle de SO_2 kirliliği söz konusudur.

Tekstil endüstrisi: Tekstil endüstrisinden çıkan en önemli kirleticiler çoğunlukla kumaş üzerindeki işlemler esnasında çıkmaktadır. Kumaş üzerinde yapılan çeşitli işlemler ise tozlar, SO_2, organik buharlar ve mistlerin çıkmasına sebebiyet verir.

Çimento endüstrisi: Çimento endüstrisinde hakim kirletici partikül olup bunun yanı sıra yakıt kullanımı nedeniyle de kükürt, azot ve karbon oksitler kirlilik yaratmaktadırlar.

Günümüzde elektrik enerjisinin üretiminde kullanılan yakıtlar içerisinde en ön planda kömür ve petrol gibi fosil yakıtlar gelmektedir. Bu yakıtlar içerisinde bulunan en önemli elemanın kükürt olması nedeniyle enerji santralleri, yüksek miktarlarda yakıt kullanmaları nedeniyle en fazla SO_2 kirlenmesine yol açan kirletici kaynaklar olmaktadır. Bunun sonucu olarak, kükürt dioksit ve azot oksitler toprak ve suyun asitleşmesine sebep olan gazlardır. Bu nedenle enerji santralleri hava kirleticilerinin uzun menzil taşınımına yol açmaları bakımından günümüzün en kritik hava kirliliği yaratan kaynakları olmuş ve olmaya da devam etmektedir.

4.2. Çeşitli Hava Kirleticiler

Kirleticiler atmosferde yer alış durumlarına göre birincil ve ikincil kirleticiler şeklinde iki temel sınıfta toplanırlar. Birincil kirleticiler kaynaktan atmosfere doğrudan neşredilen kirleticilerdir. İkincil kirleticiler ise atmosferde bulunan doğal bileşenler ile birincil kirleticiler ve atmosferik özellikler yardımıyla meydana gelen kimyasal reaksiyonlar sonucunda oluşurlar.

İkincil kirleticilerin oluşmasında fotokimyasal reaksiyonlar önemli rol oynar.Fotokimyasal reaksiyonlarda değişime uğrayan madde miktarı absorblanan

güneşradyasyonu miktarı ile orantılıdır. Yazın meydana gelen fotokimyasal smog'un sebebi araç emisyonları ve etkin güneş ışınımlarıdır.

Azerbaycanda atmosfer havada geçmiş yıllara ait kirlenme durumu şehirler üzere verilmiştir (şekil 4.1-4.2).

Bakü ⟹ Partikül madde, SO_2, NO_2,CO

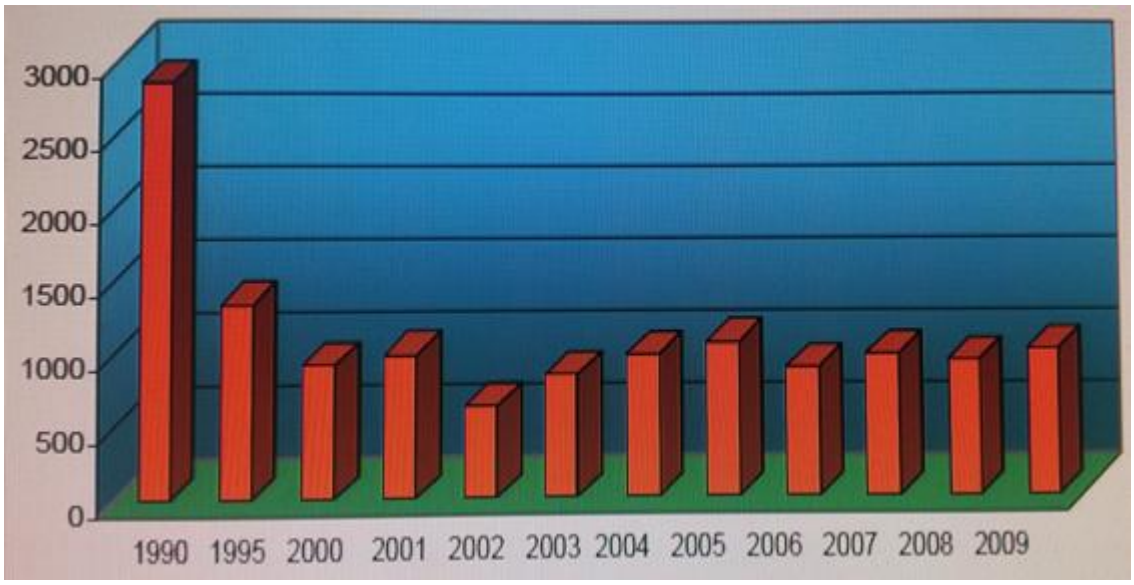
Sungayıt ⟹ Cl, NO_2, HF

Gence ⟹ HF

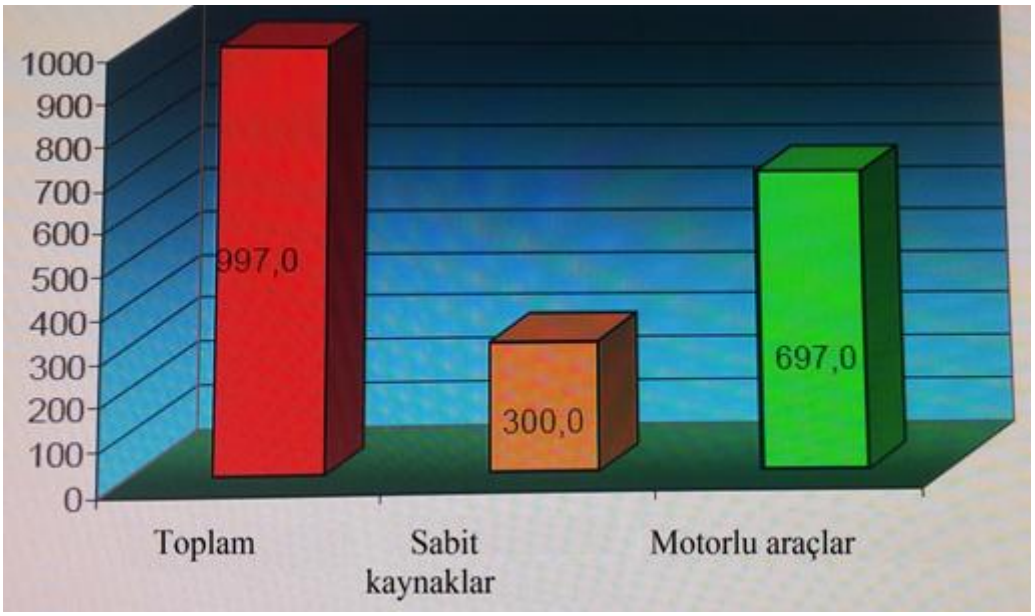
Şirvan ⟹ NO_2

Naxçivan, Şeki, Mingeçevir, Lenkeran } Kirleticilerin aşırı olması gözlemlenmemiştir

Yıllar	1990	1995	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Toplam	2846,1	1325,4	908,1	978,9	620,7	837,9	975,3	1054,3	875,1	970	923	997



Şekil 4.1. Azerbaycan Cumhuriyeti için atmosfer havasına atılan kirleticilerin miktarı bin ton ile (1990-2009 yılları),(Az.C., Ekoloji ve Doğal Kaynaklar Bakanlığı, Atmosfer Havasının Kirlenmesinin İzleme Laboratuarı) .



Şekil 4.2. 2009 yılında atmosfer havasına atılan kirleticilerin(bin ton ile) kaynaklar üzere diagramı (Az.C., Ekoloji ve Doğal Kaynaklar Bakanlığı, Atmosfer Havasının Kirlenmesinin İzleme Laboratuarı).

Hava kirliliğinde, önem ve kaynak açısından beş önemli birincil kirleticimevcuttur. Bunlar tüm kirleticilerin hemen hemen % 90'nını teşkil ederler. Önemli birincil kirleticiler;

1. Karbon monoksit (CO)
2. Kükürt oksitleri (SOx)
3. Azot oksitleri (NOx)
4. Asılı parçacıklar (PM)

4.2.1. Karbon monoksit (CO)

Karbon monoksit, fosil yakıt veya organik maddelerin eksik yanması sonucu oluşur. Ana kaynağı motorlu taşıt trafiğidir. Kandaki oksijen taşıyan hemoglobin üzerinde kuvvetli etkisi vardır. Kandaki oksijen, karbon monoksit ile yer değiştirdiğinde oksijen açlığına neden olarak aşırı durumlarda ölümlere yol açabilir.Kentsel alanlardaki karbon monoksitin mekansal dağılımı trafiğe bağlıdır. Konsantrasyonlar yol kıyısında en yüksek düzeyde olup yoldan uzaklaştıkça hızla azalır.

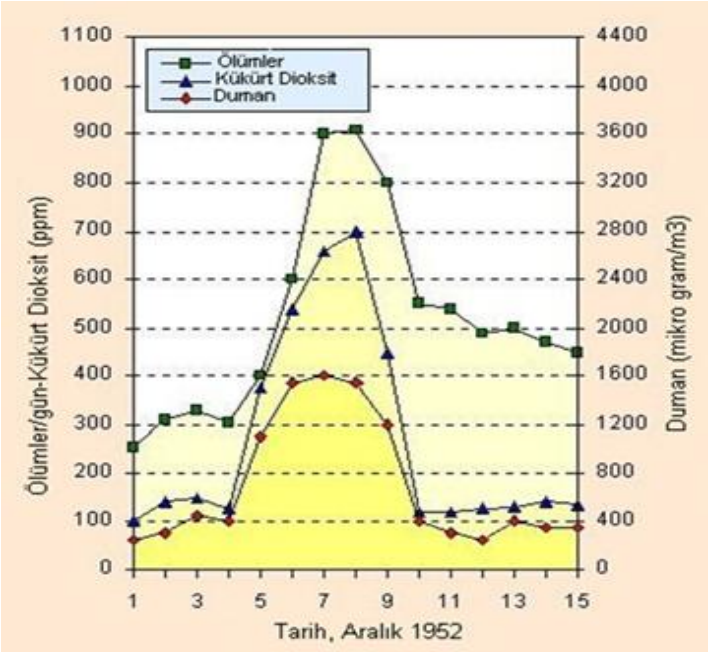
4.2.2. Kükürt oksitleri (SOx)

Kükürt oksitlerin çoğunluğu sabit kaynaklarda fosil yakıtların yanması sonucunda meydana gelirler. Fosil yakıtlar (petrol, kömür vd.) % 0.5 ila % 6 arasındakükürt içerirler. Petrol ve kömür gibi fosil yakıtların yanması sonucunda kükürtçoğunlukla SO_2 şeklinde atmosfere yayılır. Atmosferde kükürdün yoğunlaşma fazındaki şekli ise SO_4^{2-}dir. Atmosfere atılan kükürt oksit emisyon miktarının büyük çoğunluğunu insan etkinlikleri oluşturmaktadır.

4.2.2.1. Kükürt dioksit (SO_2)

Kükürt dioksit, renksiz, boğucu ve asidik bir gazdır.Havada bulunabilen çeşitli katı partiküllerin yüzeylerinde reaksiyon gösterir. Suda hemen çözünür, havadaki su damlacıkları ile okside olur.Atmosfere çıxarken tütsülenir.Çeşitli geçici ve bazen kronik solunum bozukluklarına yol açabilir. Genellikle aşağı (alt) solunum yolları etkilenir ve nefes darlığı, boğazın karıncalanması, öksürük ve kronik bronşit gibi belirtiler meydana getirir. Dumanda ve yüksek rutubetli havada aerozol halinde olan SO_2'nin karıncalandırma etkisi daha güclü oluyor və olumsuz meteorolojik koşullarda insanların toplu zehirlenmesine neden olabilir. SO_2'nin izin verilen konsantrasyonu (İVK) işyerinin havasında 0,01 mg/l , maksimum İVK ise 0,000005 mg/l'dir. 1 saatlik ekspozisiyada sarsıcı katılığı 0,5 mg/l, aynı ekspozisiyada öldürücü katılığı 1,7 mg/l götürülür. Kokunun fark edilmesi ve öksürük oluşturması haddi 0,05 mg/l, boğazın karıncalanması ise 0,02-0,03 mg/l'dir. 0,12 mg/l katılığa 3 dakika, 0,3 mg/l katılığa ise 1 dakika tahammül edilebilir. 1 kaç gün içinde SO_2'nin çok yüksek katılığı sırasında bitkilerin yapraklarının kronik hasarı görülür.

Atmosferik SO_2' nin yaklaşık yarısı doğal emisyonlardan kaynaklanmaktadır (UNEP,1994). İnsanlar tarafından oluşturulan SO_2; kömür ve fuel-oil'in doğal olarak yapısında bulunan kükürt bileşiklerinin yanması ile açığa çıkmaktadır. Mevcut temel kükürt dioksit üretici faaliyetler, endüstriyel prosesler, ısınma amaçlı kullanılan evsel yakıtlar, termik santraller ve belli bir miktar da dizel yakıtlı taşıtların kullanımıdır.



Şekil 4.3. 1952 Yılında Londra'da Yaşanan Hava Kirliliği Etkisi (URL-1)

Fosil kökenli yakıtların yanması ile açığa çıkan kükürt, havada derhal oksidasyona uğrar. Bu oksidasyon iki aşamada gerçekleşir:

$S + O_2 \rightarrow SO_2$ (4.1)

$SO_2 + O \rightarrow SO_3$ (4.2)

Ortamda herhangi bir katalizör madde bulunmadığı durumda, kükürt dioksit yavaş bir reaksiyonla kükürt trioksite dönüşür. Bu dönüşüm ortamda oksijen, ozon veya hidrokarbon serbest radikallerinin bulunması durumuna göre değişim gösterir.

Örneğin, ortamda azot monoksitin konsantrasyonuna bağımlı olarak iki ayrı reaksiyon oluşabilir.

$+ SO_2 \rightarrow SO_3 + NO_2$ Düşük NO konsantrasyonunda (4.3)

$NO + O_2 \rightarrow NO_3$ (4.4)

$+ NO \rightarrow 2\ NO_2$ Yüksek NO konsantrasyonunda (4.5)

SO_2'nin atmosferik konsantrasyonları, genellikle evsel ısıtma amacıyla kömür kullanımının yaygın olduğu şehirlerde çok yüksektir. Zaman içersinde gelişen teknoloji ve daha az kirlilik oluşturan farklı enerji kaynaklarının kullanılması ile konsantrasyonlarda bir azalma eğilimi gözlenmektedir. SO_2' nin dış ortam konsantrasyonları, genellikle şehrin merkezi bölgelerinde ve endüstriyel alanların çevresinde yüksektir.

Kükürt dioksit atmosfere çıktıktan sonra bir dizi reaksiyona uğramaktadır (Akman, 2000).

$SO_2 + H_2O \rightarrow H_2SO_3$ (4.6)

$2SO_2 + O_2 \rightarrow 2SO_3$ (4.7)

$SO_3 + H_2O \rightarrow H_2SO_4$ (4.8)

Kükürt Trioksit (SO_3) : Sıcak ve soğuk suda eriyen renksiz bir gazdır. Atmosferde derhal sülfürik asite (H_2SO_4) dönüşmesinden dolayı, atmosferdeki kalış süresi çok kısadır. Su ile asit oluşturması nedeni ile kirletici olarak önem taşımaktadır.

Atmosferde sıkça bulunan ve insan aktiviteleri sonucunda atmosfere karışan diğer kükürt bileşikleri; hidrojen sülfür (H_2S), kükürtün merkaptan formu (örneğin: metil merkaptan) dur.

Kükürt dioksit gazının canlılar üzerinde zararlı etkileri vardır. SO_2 konsantrasyonun artmasına bağlı olarak çok sayıda dramatik olaylara rastlanmaktadır. 1952 yılında Londra'da yaşanan inversiyon olayında 5000 kişi ölmüş binlerce kişi solunum sistemi hastalığına maruz kalmıştır. 1952 yılında İngiltere'de inversiyonlu günlerde kükürt dioksit ve dumanın insan sağlığı üzerinde yaptığı olumsuz etki Şekil 4.3'de verilmiştir. 3-4 aralık 1930 tarihinde Belçika'nın Mous vadisinde meydana gelen Smog olayı yüzlerce insanın hastalanmasına ve ölümüne sebep olmuştur. Bu olayda ölümlerin artışı ile havadaki SO_2 ile sis-duman konsantrasyonunun artışı arasında bir paralellik dikkati çekmiştir. Bu maddelerin azalması ile ölümlerde de azalma gözlenmiştir. SO_2'nin aynı zamanda bitliker üzerinde de etkisi vardır. Bitki yapraklarının saralmasına ve bitkilerin kurumasına neden olabilir.

4.2.3. Azot oksitleri (NOx)

Azot oksitleri doğal kaynaklardan ve insan aktiviteleri sonucunda hemen hemen eşit oranda atmosfere atılırlar. Doğal kaynaklar dünya çapında eşit olarak dağılmasına rağmen insan aktiviteleri sonucu oluşan kaynaklar, nüfusun yoğun olduğu alanlarda yoğunlaşmıştır (USEPA, 1991). Kentsel atmosferdeki en önemli azot oksitleri, azot monoksit (NO) ve azot dioksit (NO2) dir. NO2'nin NO ya göre daha anlamlı sağlık ve ekosistem etkileri bulunmaktadır.

Kentsel alanlardaki NO2' nin ana kaynağı, motorlu taşıtlarda yakıtların yanması, elektrik üretimi, fabrikaların ısıtılması ve endüstriyel proseslerdir. Atmosferdeki NO2'nin çoğu azot monoksit (NO) emisyonlarının oksidasyonu ile oluşur. Azot dioksit, solunum yollarında tahriş edici bir etkiye sahiptir. Yüksek konsantrasyonlarda toksiktir. Fotokimyasal duman (ozona bakınız), asit yağmurları, ikincil formdaki partiküllerin oluşumunda önemli rolü bulunmaktadır. SO2 ve ozon ile birlikte, ekinler ve bitki örtüsü üzerinde zararlı etkileri vardır. Kentsel alanlardaki konsantrasyonlar, trafik emisyonlarından kaynaklanıp şehir merkezinde ve ana yollara yakın yerlerde en yüksek konsantrasyonlarda bulunur.

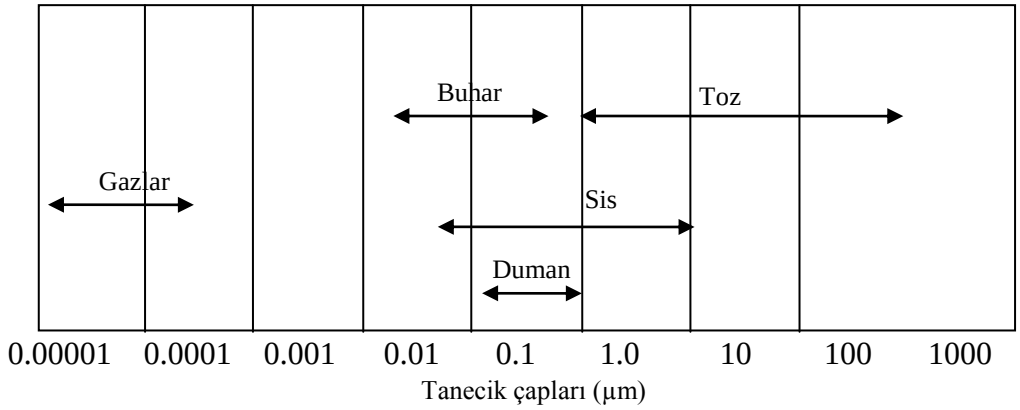
4.2.4. Partikül maddeler

Partiküler maddeler, atmosferdeki ağırlıkları nedeniyle hızla çökebilen büyük partiküllerin dışında, atmosferde yayılan çok küçük tanecikli katı veya sıvı partiküllerdir.Çapları 0.00001μm ila 100 μm arasında değişir. Şekil 4.4'de çeşitli sınıflara giren aerosollerin tane irilikleri verilmiştir. Hava kaynaklı partiküler madde (PM), inorganik ve organik maddelerin kompleks karışımlarını temsil eder. Kütle ve bileşimi yönünden; aerodinamik çapı 2.5 μm den büyük kaba partiküller, aerodinamik çapı 2.5 μm den küçük ince partiküller olarak iki gruba ayrılır. İnce partiküller; ikincil olarak oluşan aerosolleri (gaz-partikül dönüşümü), yanma sonucunda oluşan partikülleri, yoğunlaşan organik ve metal buharlarını içerir. Büyük partiküller; genelde yer kabuğu materyalleri yol ve endüstrilerden atmosfere verilen tozları içerir. Partiküler maddenin asit komponenti ve onun mutajenik aktivitelerinin çoğu genel olarak ince fraksiyonda bulunur. Asılı partiküler madde çeşitli doğal ve yapay kaynaklardan ortama verilen katı ve sıvılar için kullanılan bir terimdir.SO2 ile birlikte kentsel alanlarda çok sık ve geniş çapta çalışılan bir kirletici parametredir.Solunabilir partiküler madde değişik kaynaklardan oluşmaktadır. Volkan patlamaları, fırtınalar, orman yangınları gibi doğal kaynaklardan oluşanlara göre, elektrik santralleri, endüstriyel prosesler, yakıtların yanması, dizel motorlar, inşaat ve endüstriyel faaliyetler, ikincil aerosoller (amonyak, sülfür ve azot oksitlerinin havada reaksiyonu ile oluşur) bitki polenleri ve yerden kalkan tozlar gibi birçok yapay kaynaklardan oluşan partiküller, solunabilirlik açısından daha fazla önem gösterirler.Partiküler madde, nitelik ve niceliği bakımından; tanecik boyutları, yoğunluğu, kimyasal bileşimi ve sağlık etkileripotansiyeline bağlı olarak

geniş çapta değişim gösterir.(Çevre Atlası, 2004; Öztürk, 2007; Evyapan, 2006; Ertürk, 2002)

Büyük partiküller, insan vücudunun doğal savunma mekanizması tarafından uzaklaştırılır. 0,1 ile 0,5 μm arasında boyuta sahip daha küçük partiküller akciğerlerin derinliklerine nüfuz ederek tahriş ve tıkayıcı etkilere sebep olabilirler. (Ertürk, 2002) Dizel dumanı gibi bazı küçük partiküller karsinojenik olabilir.

Partiküler madde konsantrasyonları, kaynakların büyüklükleri ve türlerindeki çeşitlilik de gözönünde bulundurulduğunda şehirden şehire ve hatta aynı şehir içersinde de değişkenlik gösterirler.



Şekil 4.4. Aerosollerin tane iriliklerine göre sınıflandırılması

Yapısının karmaşıklığı ve maruziyet tayinindeki partikül boyutunun önemi gibi bazı nedenlere bağlı olarak, partiküler maddenin tanımlanması bir kaç şekilde yapılmaktadır. Bu tanımlamalar; örnekleme yöntemine göre (asılı partiküler madde, toplam asılı partiküler madde, siyah duman), solunum sistemindeki birikime göre (larenks altında biriken partiküller, thoracic partiküller), gerek fizyolojik gerekse örnekleme yöntemine göre (10 μm aerodinamik çaplı komponentler için PM_{10}) şeklinde yapılmaktadır.

Atmosferde, yukarıda sayılan cansız partiküllerden başka canlı partiküllür de vardır. Bunlar

1. Bakteriler
2. Mantarlar
3. Mayalar
4. Yosunlar olmak üzere dört gruba ayrılır.

4.2.5. Diğer kirleticiler

Hidrokarbonlar, hidrojen ve karbondan oluşan bileşiklerdir. Hidrokarbonlar, daha çok petrol ürünlerinin yanmasından veya endüstriyel çözücülerden meydana gelmektedir. İnsan kaynaklı emisyonlar dünya genelinde 100 milyon ton olarak tahmin edilmektedir. Ancak, insan kaynaklı emisyonların doğal kaynakların yirmide birini oluşturulduğu düşünülmektedir. Hidrokarbonların atmosferde kalıcılık süresi tam olarak bilinmemekle beraber hidrokarbonların önemli bir kısmını oluşturan metanın ömrü 0.94 yıl olarak tahmin edilmektedir.

Fotokimyasal oksitleyiciler denince akla ozon (O_3) başta olmak üzere, bazı organik (peroksiasil veya peroksiaril) nitratlar gelir. Havada fotokimyasal süreçler sonunda meydana gelen peroksiasetil nitrat (PAN) ve peroksibenzoil nitrat (PBzN) ile bazı oksitleyici özellik taşıyan radikaller topluca fotokimyasal oksitleyiciler olarak adlandırılırlar. Hepsi de zararlı olan ve bir kısmının kanser yapıcı olduğu bilinen veya kuşku duyulan bu maddelerin kent havasında oluşan fotokimyasal sis içerisinde önemli yerleri vardır.

Florürlü maddeler, partikül yapısındaki florür ile havaya gaz halde bırakılan florürlerin toplamıdır. Bu maddeleri içeren atık gazlar veya süspanse maddeler, bitki ve hayvanlar için zehir etkisi yaparlar. Etkileri ekleniktir.

Havada buhar halinde veya partikül yapısında bulunabilen iz elementlerin çoğu zehirli maddeler olup, düşük hatta iz konsantrasyonlarda bile çok uzun süre maruz kalınması halinde kronik zararlar doğurduklarına kesin gözüyle bakılmaktadır. Havada en çok incelenip, üzerinde en çok etki araştırması yapılmış olan iz element, bir ağır metal olan kurşundur. Kurşunun toksik etkileri uzun sürede vücuttaki seviyelerinin eklenmesiyle meydana gelen eklenik etkilerdir. Bu nedenle uzun vadede çeşitli kaynaklardan küçük dozlarda alınan kurşun, kısa vadeli ancak daha yüksek dozlar kadar etkili olabilmektedir.

4.2.5.1. Fotokimyasal sis (smog)

Atmosferde insan faaliyetleri sonucu yapay sis oluşumuna smog adı verilir. Kirlenme nedeniyle görüş mesafesinin kısalması, diğer bir deyimle bulanıklık artışı, renkli gazlar ve ince aerosollerin çekirdek görevi üstlenmesiyle yoğuşan hava nemi de

doğal olmayan sislerin oluşmasına yol açar. Smog, atmosferde oksitleyici maddelerle hidrokarbonlar arasında gün ışığı etkisiyle süren fotokimyasal reaksiyonlar şeklinde ortaya çıkarsa fotokimyasal smog adını alır.

Atmosferde oksitleyici maddelerin miktarca en önemlisi ozondur. Ozon, kirletici kaynaklardan atmosfere atılan çeşitli kirleticilerin güneşin morötesi (UV) ışınlarının yardımıyla meydana getirdiği reaksiyonların ürünüdür .

4.2.5.2. Atıksu arıtma tesislerinden kaynaklanan hava kirliliği

Atık su arıtma tesislerinde burgulu pompalardan ve havalandırmanın veya karıştırmanın yüzeyden yapıldığı takdirde yüzeysel karıştırıcılardan çok ufak su zerrecikleri (aerosoller) meydana gelmekte ve rüzgârlarla kilometrelerce uzaklara taşınmaktadırlar. Rüzgârın yönü şehre doğru olduğu zaman mikroplarca zengin olan ve kötü koku meydana getiren bu zerrecikler hava kirliliğine neden olmaktadır. Bu kirliliği önlemek için birçok Avrupa ülkesi arıtma birimlerinin üstünü örtmemecburiyetini getirmişlerdir.

4.2.5.3. İklim değişikliği

İklim değişikliği şu anda yaşanan bir olgudur ve buna ilişkin kanıtlar açıkça ortadadır. 150'den fazla hükümet, Birleşmiş Milletler tarafından 1988 yılında kurulmuş olan Uluslararası İklim Değişikliği Kurulunda (IPCC) yer alan binlerce bilim insanının dünyanın dikkatine getirdiği en son kesin bulgular üzerinde anlaşmaya varmıştır.

Buna ek olarak, dünyanın önde gelen 17 ulusal bilim akademisi, ortak bir açıklama ile, IPCC'yi ve ortaya koyduğu en son sonuçları, iklim değişikliği konusunda en güvenilir bilgi kaynağı olarak kabul ettiğini ortaya koymuştur.

IPCC, iklim sisteminin nasıl işlediğini ve insan etkinliklerinin bunu nasıl değiştirdiğini anlamamızı sağlayan daha güçlü kanıtları içeren üçüncü değerlendirme raporunu 2001 yılında yayınladı. Bu değerlendirmeye göre, "son 50 yılda gözlenen ısınmanın büyük bölümünün insan etkinliklerine bağlanabileceği konusunda yeni ve daha güçlü kanıtlar" vardır. Raporda ayrıca, küresel ısınmanın daha önce düşünülenden daha hızlı ve şiddetli gerçekleştiği saptaması da yer almaktadır. IPCC, iklim değişikliğinin şu anda yaşandığına ilişkin şu kanıtları gösteriyor:

• 1990'lı yıllar bilinen en sıcak on yıl, 1998 ise en sıcak yıl olmuştur (BM Dünya Meteoroloji Örgütü'ne (WMO) göre, 1998 kaydedilmiş en sıcak yıl olmaya devam ederken, 2002 en sıcak ikinci yıl olarak 2001'i de geride bıraktı).

• Ortalama küresel yüzey sıcaklığı arttıkça, kar örtüsü ve buz alanları da azalmıştır.

• Ortalama küresel deniz düzeyi yükselmiştir ve okyanuslar ısınmaktadır.

• Bölgesel iklim değişiklikleri, özellikle de sıcaklık artışı, şimdiye kadar birçok fiziksel ve biyolojik sistemi etkilemiştir. Bu etkiler şunları içermektedir:

- Buzulların küçülmesi
- Nehir ve göllerdeki buz tabakalarının daha geç oluşması ve daha erken erimesi
- Orta-yüksek düzeydeki büyüme mevsimlerinin uzaması
- Bitki ve hayvanların yaşam alanlarında değişiklikler
- Bazı bitki ve hayvan popülâsyonlarında azalma
- Ağaçların erken çiçeklenmesi, böceklerin erken ortaya çıkması, kuşların erken yumurtlaması

İklim değişikliği; besin üretimi, içme suyu kaynakları ve sürdürülebilirkalkınma için bir tehdittir. Deniz düzeyinin yükselmesi, aşırı doğa olayları veçölleşme, özellikle yoksul ülkelerde yaşayan milyonlarca insan için büyük bir tehlikeoluşturmaktadır.

4.2.5.4. Asit yağışları

İnsan etkinliği olarak sanayi, endüstri, tarım ve diğer çevresel işlemler sonucunda birçok atıklar atmosfere atılmaktadır. Fabrikalar, enerji santralleri, motor eksozları ve benzeri kaynaklardan atmosfere atılan kükürt dioksit (SO_2) ve azot oksitleri (NO_x)atmosferdeki taşınımı sırasında bulut içindeki su ile reaksiyona girerler. Bu reaksiyonlar sonucunda sülfürik asit (H_2SO_4) ve nitrik asit (HNO_3) oluşur. Oluşan sülfürik asit ve nitrik asitin yağmur, kar, sis ve diğer şekillerde yağışlarla beraber yeryüzüne düşmesine *asit yağışları* adı verilir (Şekil 4.5). Yağışların normal yağıştan daha fazla asitlik derecesine sahip olmaları, düştükleri bölgeyi (bitkiler, toprak, yapılar, göller, akarsular, denizler vb) kirletmekte, doğal yapılara ve canlılara zarar vermektedirler.

Kükürt bileşiklerinin yağış suyunun asitleşmesindeki payı 2/3'dür. 1/3 oranında ise azot bileşikleri sorumludur. Bu suretle kükürtten gelen kirlenme tehlikesi daha

büyük olacaktır. Asitleşme esasen kükürt dioksit ve azot oksit kirleticilerinin dolaylı bir etkisidir.



Şekil 4.5. Asit yağışlarının oluşumu (URL-2)

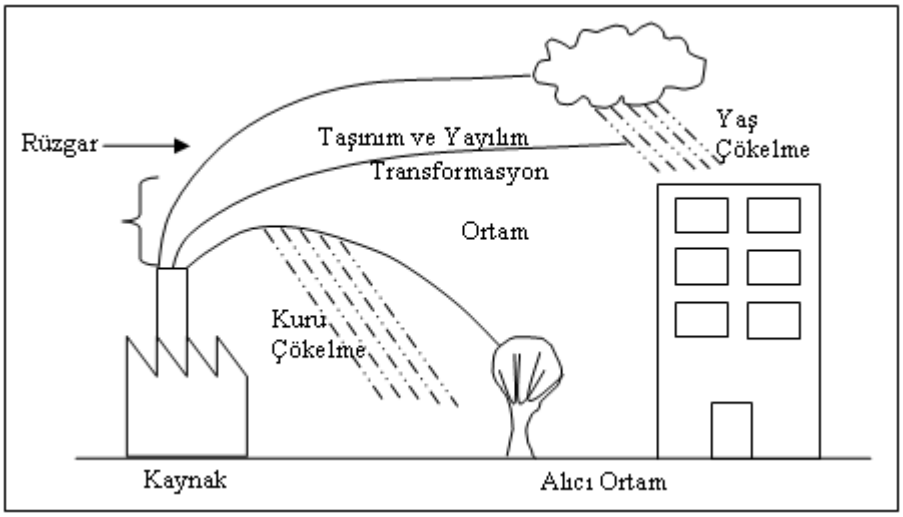
Asit yağışlarına ek olarak kuru birikme olarak adlandırılan bir asitlilik çeşidi daha vardır. Bu ise, gaz ve parçacık şeklinde daha asit reaksiyonlu parçacıkların yeryüzünde birikmesidir. Rüzgâr daha asit reaksiyonlu parçacıkları taşır ve bunlar da değişik yüzeylerde (Bitkiler, binalar, arabalar vs) birikirler. Yağışlar esnasında daha önceden birikmiş olan daha asit reaksiyonlu parçacıklar yağışla yıkanarak yeni bir karışım oluştururlar ve bu karışım çok daha asit reaksiyonlu bir yapıya sahip olabilir. Kuru birikme ile asit yağışlarının birlikte meydana gelmesi literatürde asit birikmeleri olarak adlandırılır. Yağışların havadaki gaz ve asılı parçacıkları temizleme görevi yapması nedeniyle de yağış hava kirliliğinde çok önem kazanmaktadır.

4.3. Meteorolojik Koşulların Kirleticilerin Atmosferde Dağılmasına Etkisi

Havanın kirlenmesi ve atmosferin direnci arasında korelyasiya ilişkisi mevcuttur. Atmosferin direnci havanın kirlenmesinin temel meteoroloji faktörüdür.Herhangi bir hava kirlenmesi problemi sadece kirliliği meydana getiren kaynaklardan gelen kirlilik miktarına değil aynı zamanda o andaki meteorolojik şartlarla da bağlıdır. Hava kirliliği kirleticilerin hareketi ve taşınması sonucunda meydana gelir.

Bir kaynaktan atmosfer atılan kirleticiler çeşitli hava hareketleri ile uzun mesafelere taşınabilir. Kirleticilerin rüzgâr vasıtasıyla yayılması Şekil 4.6'de verilmiştir.

Kirleticilerin taşıması üzerine en tesirli meteorolojik faktör rüzgarlardır. Rüzgarların yatay hareketi rüzgar hızı ile belirlenir.



Şekil 4.6. Kirleticilerin rüzgar vasıtasıyla yayılması (Stern 1984)

Önemli havanın kirlenmesi sorunlarından biri de inversiyon olayıdır. Kelime olarak ters çevirme manasına gelir. Sıcak hava tabakasının soğuk hava tabakası üzerine çıkması sonucu meydana gelir. Genel olarak açık, durgun ve hafif esintili günlerde güneşin doğuşundan bir kaç saat sonra oluşur. Bu saatlerde havanın yukarı tabakalarındaki sıcaklık yüzeye yakın kesimlerdekinden daka yüksek olur ve dolayısıyla atmosferde yoğunluk tabakalaşması meydana gelir. Bu durumda yüzeye yakın tabakalardaki yoğunluğu üstteki takalardan daha fazla olan soğuk hava yukarı yükselemez ve bir inversiyon tabakasını oluşturur. İnversiyon tabakası kirleticilerin düşey doğrultudaki hareketine ve karışımına mani olur. Şehirler üzerindeki yüksek tabakalarda meydana gelen inversiyonlar en yaygın inversiyon şeklidir. Üç temel inversiyon vardır. Bunlar: radyasron inversiyonu, adveksiyon inversiyonu ve çökme inversiyonudur.

Hava kirliliğini etkileyen diğer bir önemli meteoroloji faktör de sıcaklıktır. Hava kirliliği ile sıcaklık ters orantılıdır. Sıcaklık düştükçe kirlilik artar. Çünki hava kirliliğinin en önemli kaynağı yanma olayı ve yakıntılardır. Bu nedenle kış aylarında havanın soğuması sonucunda daha çok yakıt tüketilmekte ve daha çok baca gazı emisyonu salınmaktadır.

Atmosferde bulunan nem hava sıcaklığın azalması ile yoğunlaşarak sisin yaranmasına sebep olur. İnversiyon olayına ilaveten en tehlikeli hava kirlenmesi problemi sislerle birlikte ortaya çıkmaktadır. Havadaki nemin yoğunlaşarak yağmur haline gelmesi havanın temizlenmesine sebep olur. Yağmur damlaları havadaki kirleticileri yakalayarak beraberinde götürür. Bu olaya havanın "yıkanması" adı verilir.

4.4. Bakü İl Merkezinde Kirliliğin Sebepleri

Bakü bölgesinde atmosfer havasının kirlilik derecesi onun fiziksel-coğrafi özelliği, landşaftı, iklim koşulları ve doğal kirletici kaynaklardan olan mesafesinden asılıdır. Güçlü rüzgarlar sırasında şehir çevresindeki yarım çöl tipli topraklardan kalkan tozlar da havanı hayli kirlendiriyorlar.

Hazar Denizi üzerinde atmosferin alt katında meydana gelen tuzlarla doymuş duman ve su tanecikleri şehir havasına girdiklerinde nemin buharlaşması sonucunda deniz tuzlarının kristalleri havanın kirlenmesine neden oluyor. Bu tuzlar sodyum, magnezyum ve kalsiyum klorür, sodyum sulfatlardan oluşur. Ayrıca şehrin havasına karışan tozlar, bitki polenleri, mikroorganizmalar gibi maddeler de havanı kirletiyorlar.

Bakü şehrinde havanın kirlenmesine yol açan bir takım sanayi kuruluşlarında faaliyet göstermektedir. Ayrıca petrol-gaz ve imal endüstrisinin, enerji tesislerinin, özellikle de ulaşım araçlarının da atmosferin kirklenmesinde rolü az değil, şekil 4.7.

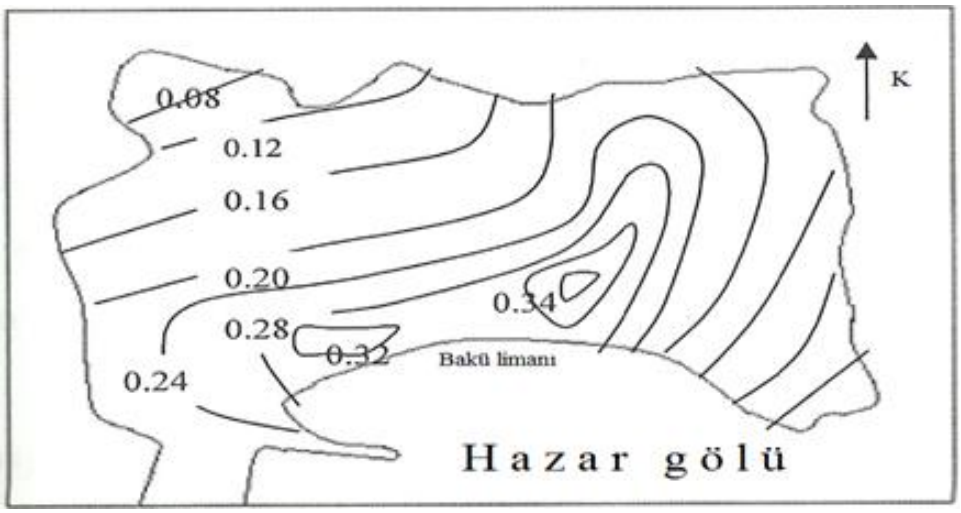
Havanın kirklenmesinin başlıca nedenlerinden olan motorlu taşıt sayısı 400 bine yakındır. Sadece onu söylemek yeterlidir ki, insanın ekonomik faaliyeti ile ilgili tüm bu kaynaklar yılda yaklaşık 16373 bin ton yakıt tüketiyor. Bu kadar yakıttan oluşan büyük miktarda zararlı maddelerin şehrin atmosfer havasına karışarak onun güçlü biçimde kirlenmesini tasavvur etmek o kadar da zor değil.

Devlet İstatistik Kurulu verilerine göre Bakü şehrinde havaya yılda yaklaşık 271 sabit kaynaktan 464,8 bin ton (katı maddeler - 13,9 bin, gaz halinde ve sıvı maddeler 450,8 bin, ayrıca uçucu organik bileşikler 5,1 bin ton, hidrokarbon 427, 9 bin ton) zararlı maddeler atılmıştır. Ayrıca havaya terkibinde kükürt bulunan yakıtın yakılması sırasında oluşan kükürt gazı dahil oluyor ki (şekil 4.8), bunun da temel kaynağı kalorifer sistemleri, istikil elektrik santralleri, ayrıca petrol kimya endüstrisidir. Şehrin havasında kirleticiler dağılması ve taşınmasında rüzgarın rolü büyüktür, şekil 4.9.

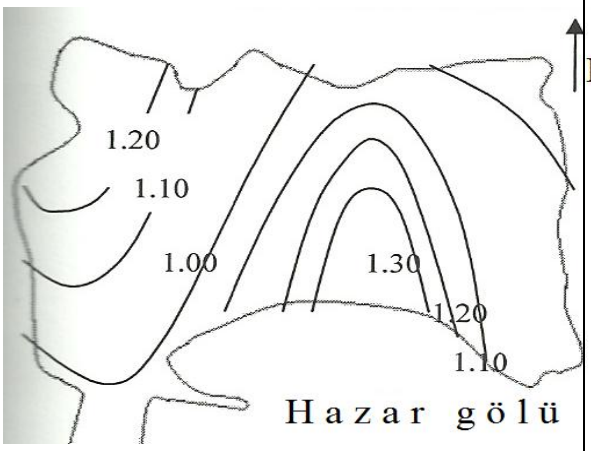
Rüzgar hızı ve yönü, rüzgarın geldiği yön esas alınmak üzere "rüzgar gülleri" ile gösterilir. Bu teknik yardımıyla belirli bir merkezde meydana gelen kirlenmenin hangi kaynaktan dolayı meydana geldiği kolayca anlaşılmaktadır.



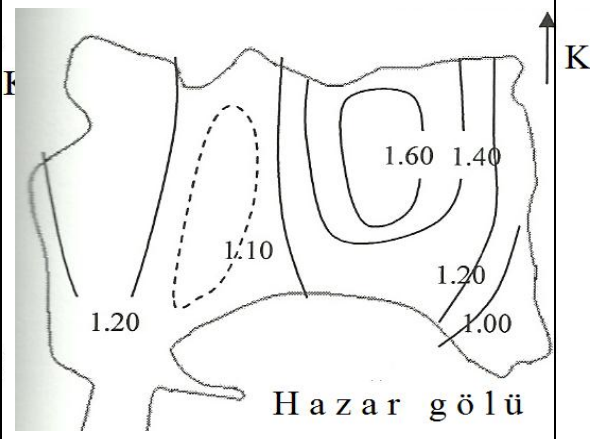
Şekil 4.7. Bakü şehrinin sanayi atıkları ile kirlenmesi (Az. Res. Ekoloji Atlas)



Şekil 4.8. Kükürt dioksitin (SO_2) ortalama konsantrasyonunun dağılımı grafiği (Ağayev, 2012)



Rüzgarın kuzey yönde esmesi zamanı SO_2'nin konsantrasyonunun dağılımı



Rüzgarın güney yönde esmesi zamanı SO_2'nin konsantrasyonunun dağılımı

Şekil 4.9. SO_2'nin rüzgar vasıtasıyla dağılımı (Ağayev, 2012)

5. MATERYAL VE YÖNTEM

5.1. Kükürt Dioksit Ölçümünde Kullanılan Metotlar

Atmosferdeki SO_2 gazının analizi için çeşitli metotlar mevcuttur. Araştırma bölgesinde hava kirleticisi olarak yalnız SO_2 bulunmayıp beraberinde birçok gaz ve partükül madde bulunur. Bundan dolayı bir takım hatalar ortaya çıkmaktadır. SO_2'nin analizi için alınan numunenin günün 24 saatini temsil etmesi gerekir. Fakat Baküde SO_2 ölçümü için genellikle spektrofotometrik metodu kullanıldığından günün belli saatlerinde örnek alınıp ortalaması bulunmaktadır. Metot havadan kükürt gazının sodyum tetraklormerkurat (TKM) bazlı emici tabakası vasıtasıyla tutulmasına, sonradan kükürt gazının Formaldehid ve pararozanilin veya fuksinle oluşturduğu birleşimin spektrofotometrik yöntemle tayinine esaslanıyor. Analize engel olan NO_2'nin etkisini sulfamin asit ile, ozonun etkisini numuneni fotometriyadan önce bir süre bekletmekle, ağır metal tuzlarının etkisini ise trilon B ve fosfat asit ekleyerek ortadan kaldırıyorlar.

5.1.1. Kullanılan cihazlar ve yardımcı vasıtalar

Ölçü cihazları:

- Spektrofotometre (Şekil 5.1).
- Analitik terazi
- Saniye ölçen
- Barometre – aneroid
- Laboratuar termometre, 0 – 55 ^{0}C
- Elektrik aspiratörü, hata ± 10 %
- Ölçülü balon:100 – 50 ml
- Pipet: 1, 5, 10 ml

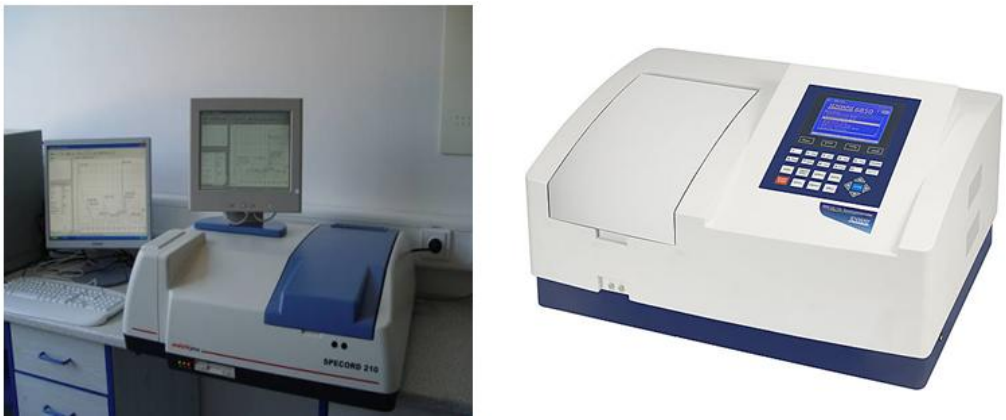
Yadrımcı vasıtalar:

- Stok şişeleri, CT 112 (1 işaretli), CT 212 (2 işaretli)
- Bardak, B – 1 – 150 TC
- Buzdolabı

5.1.2. Kullanılan kimyasal maddeler

- Destile veya deiyonize su
- Butanol – 1, a.i.t.
- Hidrojen peroksit, k.t.

- Gliserin, veya etilenglikol, a.i.t.
- İyot, 0.1 N, titr
- Potasyum yodid, k.t.
- Ortofosfat asit (ρ = 1.719 g/sm^2), k.t.
- Klorür asit (ρ = 1.19 g/sm^2), k.t.
- Sulfamin asit,
- Komplekson III (trilon B), a.i.t.
- Suda çözülmüş olan nişasta, t.
- Sodyum asetat, 3 su molekülü ile, a.i.t.
- Sodyum hidroksit, k.t.
- Sodyum hidroksit, 0.1 N, titr
- Sodyum sülfid, 9 su molekülü ile, t.
- Sodyum pirosulfit, t.
- Sodyum tiosulfat, 0.1 N, titr
- Sodyum klorür, k.t.
- Pararozanilin hidroxlorid, t.
- Alkali fuksin, fuksin – sülfür asit için, a.i.t.
- Cıva (II) oksit (sarı), a.i.t.
- Formaldehid, 40 % (formalin) çözeltisi.



Şekil 5.1. Spektrofotometr (URL-3)

5.2. Analizden Önce Hazırlık

5.2.1. Çözeltinin hazırlanması

1. Asit, 10 N çözelti. 100 ml'lik ölçülü balona 80 ml HCl (ρ = 1,19 g/sm^3) aktarılır ve destile su ile ölçü çizgisene tamamlanır.

2. Asit, 1 N çözelti. 1 L'lik ölçülü balona 80 ml HCl (ρ = 1,19 g/sm^3) aktarılır ve destile su ile ölçü çizgisene tamamlanır.

3. Asit, 0,1 N çözelti. 1 litrlik ölçülü balona 100 ml 1N HCl çözeltisinden aktarılır ve destile su ile ölçü çizgisene tamamlanır.

4. Sodyum hidroksit, 0,1 N çözelti. Standart – titrden (fiksanaldan) hazırlanır.

5. Sodyum tetraklormerkurat (TKM), 0,04 N çözelti. Hacmi 1 L olan ölçülü balona 124 ml 0,1 N sodyum – hidroksit çözelti ve 600 ml destile su ilave edilip çalkalanır. 50 ml'lik duvarı kalın bardağa 8,7 g cıva oksit, 4,68 g sodyum klorür ve 0,07 g trilon B ilave edip karıştırılıyor. Sonra 9,0 ml katılığı 10 N olan HCl aktarılıp, cıva oksit çözülene'dek karıştırılıyor. Elde edilen çözelti dikkatlice sodyum – hidroksit olan balona aktarılıp pH'ı ölçülüyor. Ölçünün sonucu 5,4 – 6,4 aralığı dışında olduğunda, çözeltiye konsantrasyonu 0,1 N olan HCl veya NaOH ilave edilip, su ile ölçü çizgisine tamamlanıp karıştırılıyor. Çözelti 24 saat bekletildikten sonra rengi bulanıksa filtreden süzülüyor. Çözelti 6 aykararlıdır.

6. Sulfamin asit – analiz için, % 0,03'lük çözelti. 500 ml destile suda 0,15 g sulfamin asit çözülür. Çözelti 48 saat kararlıdır.

7. Sulfamin asit – kalibrasyon grafiğinin kurulması için, % 0,6'lık çözelti. 0,6 g sulfamin asit ölçülü balonda 100 ml destile suda çözülür. Çözelti 48 saat kararlıdır.

8. Formaldehid, % 0,2'lik çözelti. Formaldehidin % 40'lık çözeltisinden (formalinden) 0,5 ml alınıp destile su ile 100 ml'e tamamlanır. Yeni hazırlanmış formaldehid çözeltisi kullanılmalıdır.

9. Ortofosfat atis, 3 mol/L çözelti. Ölçülü balonda 194,4 ml katı ortofosfat asit (ρ = 1,719 g/L) 1 litre suda çözülür.

10. Pararozanilinin (veya fuksinin), % 0,2'lik ilkin çözelti. Pararozanilin 100 ml'lik ölçülü balonda konsantrasyonu 1 N olan 40 – 60 ml klorür asidinde çözülür ve aynı asit ile çizgiye tamamlanır.

11. Pararozanilinin (veya fuksinin) işçi çözelti. Hacmi 250 ml olan ölçülü balona 200 ml 3 mol/L konsantrasyonu ortofosfat asit ve 20 ml pararozanilinin (veya fuksinin) ilkin çözeltisi aktarılıp destile su ile çizgiye tamamlanır. Çözelti 6 ay kararlıdır.

12. İyot, 0,05 N çözelti. 0,1 N standar – titrden (fiksanaldan) hazırlanır.

13. İyot, 0,005 N çözelti. Konsantrasyonu 0,05 N olan iyot çözeltisinden 50 ml alınıp, 500 ml'lik ölçülü balonda su ile durulaçtırılıyor. Yeni hazırlanmış çözelti kullanılıyor.

14. Nişasta, % 0,2'lik çözelti. 0,4 g nişasta biraz su ile çalkalanıyor. 200 ml suyu ısıtıp nişastalı suyu üzerine ilave ediyorlar ve şeffaf çözelti alınana kadar yeniden ısıtılıyor. Çözelti soyuduktan sonra cam boruya aktarılır.

15. Sodyum tiosulfat, 0,1 N çözelti. Standar – titrden (fiksanaldan) hazırlanır.

16. Sodyum tiosulfat, 0,01 N çözelti. 500 ml'lik ölçülü balona 0,1 mol/Lsodyum tiosulfat çözeltisinden 50 ml aktarıp su ile çizgiye tamamlanır. Yeni hazırlanmış çözelti kullanılıyor.

17. Sodyum pirosulfit, ilkin standart çözelti. 0,300 g sodyum pirosulfit ($Na_2S_2O_5$) veya 0,400 g sodyum sulfit 500 ml'lik ölçülü balonda destile su ile çözülür. Bu çözelti SO_2'nin 320 – 400 mkg/ml konsantrasyonu ile eşittir.

Kükürt dioksitin (SO_2) net konsantrasyonu yodometrik titrleme yöntemi ile belirlenir. Önce "boş" numuneler titrleniyor. Bunun için hacmi 200 – 250 ml olan 3 tüpe her birine büretten 20 ml 0,005 N konsantrasyonlu iyot çözeltisi, 10 ml su aktarılıp sarı renk alınana kadar sodyum tiosulfat çözeltisi ile titrleniyor, sonra 2 ml nişasta çözeltisi ilave ediliyor ve çözelti berraklaşdığında titrasyon işleminin sona erdiğini gösterir. Sonucun ortalaması "boş" numunenin sonucuyla aynıdır. Bundan sonra yeniden balona büretten 20 ml katılıklı 0,005 N iyot çözeltisi ve 10 ml sodyum pirosulfitin ilkin çözeltisini aktarıp, balonun kapağı kapatılıyor ve 5 dakikadan sonra çözelti aynı yöntemle titrasyon ediliyor.

İlkin standart çözeltide SO_2'nin kitle konsantrasyonu (mkg/ml) aşağıdaki formülden hesaplanır.

$$\rho = 32\,(A-B) \qquad (5.1)$$

A – "boş" numunenin titrasyonunda harcanan 0,01 N sodyum tiosulfat çözeltisinin hacmi, ml.

B – ilkin standart çözeltinin titrasyonuna harcanan 0,01 N sodyum tiosulfat çözeltisinin hacmi, ml.

32 – hesaplama katsayısıdır.

Elde edilen sonuçlara esasen içinde 1,00 mg kükürt dioksit (SO_2) olan çözeltinin hacmi hesaplanır.

18. Sodyum pirosulfit, işçi çözelti, (SO_2'nin kitle konsantrasyonu 10 mkg/ml).

Sodyum pirosulfit işçi çözelti standart çözeltinin konsantrasyonunun tayininden hemen sonra hacmi 100 ml olan ölçülü balonda hazırlanır. Çünkü sodyum pirosulfit çözeltisi istikrarsız oluyor ve bekletildikte parçalanıyor. Önceden ilkin standart çözeltinin içinde 1 ml SO_2 olan hesaplanmış hacmini ölçülü balona aktarıp konsantrasyonu 0,04 n olan TKM çözeltisi ile ölçü çizgisine tamamlanıyor. Bu çözelti buzdolabında muhafaza edilmek şartı ile 30 gün kararlıdır.

19. Stok şişenin hazırlanması için çözelti. Hacmi 100 ml olan ölçülü balonda 1,6 g sodyum asetatı 0,04 N TKM çözeltisinde çözülüp, üzerine 15 ml etilenglikol ilave edip TKM çözeltisi ile çizgiye tamamlanır. Çözelti 6 aya kadar yararlıdır. Etilenglikolda peroksit bileşikleri olmamalıdır.

5.2.2. Kalibrasyon grafiğinin kullanılması

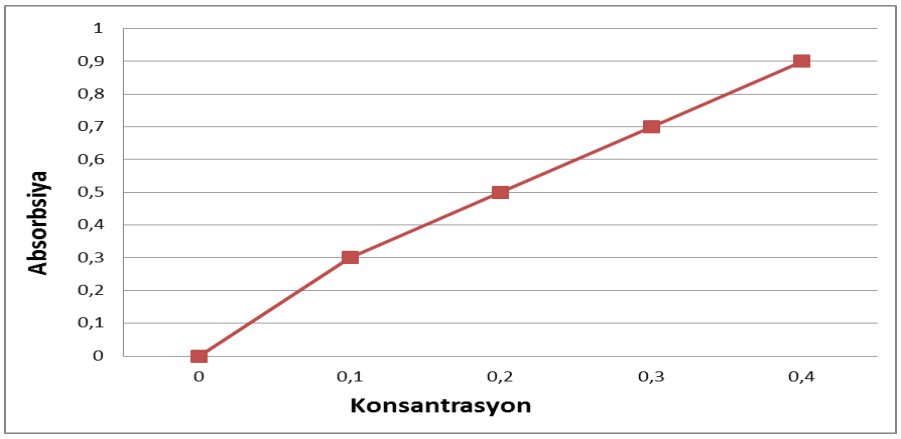
Kalibrasyon grafiği analiz edilen hava numunesi hacmindeki SO_2'nin kitlesinin çözeltinin optik yoğunluğundan bağımlılığını ifade ediyor. Bu bağımlılığı belirlemek için 7 çeşitli konsantrasyonlu sülfür çözeltiden oluşan 5 paralel seri hazırlanır. Her seri için yeni hazırlanmış işçi standart çözelti kullanılıyor. Çözeltiler hacmi 100 ml olan ölçülü balonlarda hazırlanır. Her balona 25 – 30 ml destile suyu, 1,7 ml sorbsiya borularının hazırlanması için çözelti, Çizelge 5.1'de esasen işçi standart çözeltisi aktarılıp ölçü çizelgesine destile su ile tamamlanır ve iyice çalkalanır.

Kalibrasyon grafiğinin kurulması için demene şişelerine her standart çözeltiden 5 ml, 0,2 ml %0,6'lık sulfamin asitaktarılıp çalkalanıyor ve 10 dakika bekletiliyor. Sonra her şişeye 0,4 ml formaldehid ve 1 ml pararozanilin (veya fuksin) çözeltisi ilave edilip 30 dakika bekletiyorlar. 30 dakikadan sonra çözeltinin optik yoğunluğu dalga boyu 548 nm, genişliği 10 mm olan küvetde suya oranla ölçülür.

Çizelge 5.1. Kalibrasyon grafiğinin kurulması için standart çözeltinin hazırlanması

Standartlar için hazırlanmış çözeltinin numarası	1	2	3	4	5	6	7
İşçi standart çözeltisinin hacmi, (ρ = 10 mkg/ml), ml	0,2	1	2	4	8	12	16
5 ml çözeltide kükürt dioksitin (SO_2) kitlesi, mkg	0,1	0,5	1	2	4	6	8

Sonuncu maddenin numuneye ilave edilmesi ile onların optik yoğunluğunun ölçülmesi arasında geçen süre tüm numuneler için aynı olmalıdır. Ayni zamanda "boş" numune de analiz edilir. Bunu için deneme şişesine 5 ml destile su ve 0,2 ml % 0,6'lık sulfamin asit aktarılıp standart çözeltiden başka diğer maddeleri ilave edip "boş" numunenin optik yoğunluğunu tayin ediyorlar. 5 "boş" numunede optik yoğunluk ölçülür ve eğer elde edilen sonucun ortalaması 0,035 yüksekdirse, bu zaman fuksin veya paparozanilin yeniden temizlenmelidir.



Şekil 5.2. Kükürt dioksitin (SO_2) tayini için kalibrasyon grafiği (örnek için)

Optik yoğunluk değeri, numunenin ve "boş" numunelerin ortalama optik yoğunluk değerlerinin farkı ile hesaplanıyor. Grafiği kurarken optik yoğunluk farkı ordinat okunda, kükürt dioksit kitle katılığı ise absis okunda belirtiliyor, Şekil 5.2.

5.2.3. Stok şişenin hazırlanması

Hem örneklerin alınması için hem de "boş" örnek kimi istifade edilen stok şişesi absorbsiya (emilim) çözeltisi ile imal ediliyor. Sonra borular filtre kağıdı ile siliniyor, kapakla sık bağlanıp, polietilen poşetlere toplanıp numune alınan istasyona

gönderiliyor. Bu borular karanlık yerde, hermetik halde, 20 ^{0}C'den az sıcaklıkta 2 hafta kararlıdır.

5.3. Kükürd Dioksit Tayin İşlemi

5.3.1. Kükürt dioksitin numunesinin alınması

Kükürt gazının konsantrasyonunu tayin etmek için, önceden hazırlanmış stok şişelerin 0,5 L/dakika hızı ile 20 dakika içinde hava emilir. Hava örneği emilen zaman stok şişeler dikey, sorbent katı düşük olmakla sıkıştırılır. Sorbsiya borusunda hava aşağıdan yukarı emilmelidir. Kükürt gazının konsantrasyonu az oldukta hava örneğini 2 L/dakika hızı ile de emmek olur. Bu halde konsantrasyon sadece 0,01 - 0,25 mg/m^3 aralığında ölçülmelidir. Örnek alınan ve kaydedilen zaman ışık ışınlarından korunmalıdır, bunun için siyah kağıttan istifade etmek gerekir. Havanın sıcaklığı 200^{0}C'den yüksek olduğunda, SO_2'nin oksitleşme hızı artıyor. Örnek alınan gibi borular sıkıca kapatılıp, polietilen poşetlere toplanır ve hermetik halde buzdolabında muhafaza edilir. Buzdolabında örneklerin muhafaza süresi 8 gündür.

5.3.2. Analizin gidişi

Laboratuvarda sorbsiya borusunu deneme şişesine yerleştirip, üzerine 6 ml sulfamin asit ilave ediliyor. Lastik "armut" aracılığıyla çözelti sorbsiya borusunun içerisinde bir kaç kez karıştırılıyor ve boru deneme şişesinden çıkartılıyor. Bu işlem sonucunda örnek çözeltiye geçiriliyor. Bu çözeltiden başka deneme şişesine analiz için 5 ml ayırıp, üzerine 0,4 ml Formaldehit ve 1 ml pararozanilin (veya fuksin) çözeltisi ilave edilip, mükemmel karıştırılır ve 30 dakika tutuluyor. Sonra çözeltinin optik yoğunluğu dalga boyu 548 mm, genişliği 10 mm olan küvetdə suya oranla ölçülür.

Her defasında örneklerle aynı zamanda 3 "boş" örnek de hazırlanıyor. Bunun için hazırlanmış, fakat kullanılmamış 3 temiz stok şişe örneklerle birlikte analizin tüm aşamalarından geçirilir ve "boş" örnek için orta optik yoğunluk hesaplanır. Örneğimizde kükürt gazı katılığı örnek ve "boş" numunenin optik yoğunluğunun farkı esasında kalibrasyon grafiğinden bulunur. SO_2 verileri Atmosfer Havasının Kirlenmesinin İzleme Laboratuarı destekleriyle ölçülmüştür.

5.4. Meteorolojik Verilerin Alınması

Kullanılan cihazlar ve ölçü metotları:

1. Sıcaklığı ölçmek için: psikrometrik termometre TM-4; ölçü aralığı -35 ^{0}C'den 40 ^{0}C'ye kadar TM-4-1; -25 ^{0}C'den 50^{0}C'ye kadar TM-4-2; Düşük dereceli meteorolojik termometre TM-9; Meteorolojik minimum termometre TM-2; meteoroljik maksimum termometre TM-1 kullanılıyor ve yer yüzeyinden 2 metre yüksekte kurulmuş Termometreler kullanılarak tespit edilir. Termometrelerde sıcaklık hassas elementin genleşerekilerleyip gerilemesi prensibine göre belirlenir. Tüm termometreler dikey vaziyette tutulmalıdır.

2. Nemi ölçmek için: psikometre; meteorolojik saçlı higrometreden istifade ediliyor. Kuru ve ıslak termometrelerin göstericileri esasen "Psikometrik tablo" dan istifadeye esaslanır.

3. Basıncı ölçmek için: barometre SR-A (ölçü aralığı 810-1070 hPa) ve SR-B (ölçü aralığı 680-1070 hPa); meteorolojik barograf M-22AH. İstasyonda basıncın ölçülmesi içerisinin havası boşaltılmışince metal bir kutu yüzeyinin basınç değişmesiyle esneyip şekil değiştirmesi sonucun da tayinine esaslanır.

4. Rüzgarın özelliklerini ölçmek için Anemometre M-63 M-1 veya Anemograf cihazı kullanılıyor. Elektrik enerjisi ile temin edilmeyen istasyonlarda rüzgârın hızı ve yönünü yel torbası (yel çorabı) ve rüzgar oku (jirüet) ile tayin ediyorlar.

5. Yağışların ölçülmesi için: plüviyometre (yağış ölçer) Y-1; plüviyograf . Kovanın alanında kaydedilen suyun aynı kovada biriken bölümünün hacminin hesaplanmasına esasen düşen yağmurun miktarı tayin edilir.

Meteoroloji verileri Milli Hidrometeoroloji Büronun Hidrometeoroloji Şubesi destekleriyle ölçülmüştür.

6. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

Aylar üzere SO_2'nin konsantrasyonun en maksimum miktarı 1. on günlükdə Aralık (0,053) ayında, 2. on günlükde Temmuz (0.052), Ağustos (0.054), Şubat (0,031) ve Mart (0,048) aylarında, 3. on günlükde ise Eylül (0.065), Ekim (0,052), Kasım (0,046), Ocak (0,036) aylarında, görülmüştür. Fakat buna rağmen bu değerler standartları aşmıyor. Dokuz aylık günler üzre ve ortalama değerler aşağıdaki çizelgelerde verilmişdir (Çizelge 6.1-6.4).

SO_2'nin yalnız nem ile yüksek korelesyon ilişkisi Eylül ayı için bulunmuştur. Diğer meteorolojik parametrelerle korelasyon ilişkisi zayıftır. Rüzgarlı havalarda rüzgar yönünden asılı olarak şehrin çeşitli yerlerinde maksimum konsantrasyonlar gözlemleniyor. Bakü Bölgesinin 2012 Temmuz -2013 Mart ayları arasında elde edilen Meteorolojik veriler çizelgeler halinde aşağıda verilmiştir (Çizelge 6.5-6.13)

Çizelge 6.1. Bakünün 2012 - Temmuz, Ağustos, Eylül ayları üzre SO_2 değerleri ($\mu g/m^3$)

	Temmuz - 2012		**Ağustos - 2012**		**Eylül - 2012**	
Günler	**q_{orta}**	**q_{max}**	**q_{orta}**	**q_{max}**	**q_{orta}**	**q_{max}**
1	0.016	0.034	0.011	0.027	0.011	0.026
2	0.017	0.037	0.020	0.040	0.011	0.026
3	0.017	0.035	0.013	0.025	0.011	0.023
4	0.018	0.031	0.013	0.025	0.012	0.025
5	0.017	0.029	0.011	0.028	0.015	0.025
6	0.016	0.031	0.011	0.021	0.013	0.028
7	0.007	0.017	0.014	0.054	0.010	0.024
8	0.009	0.019	0.012	0.025	0.009	0.017
9	0.012	0.021	0.012	0.025	0.010	0.019
10	0.017	0.028	0.019	0.035	0.011	0.019
11	0.015	0.024	0.026	0.044	0.010	0.022
12	0.016	0.033	0.021	0.035	0.008	0.023
13	0.013	0.024	0.018	0.052	0.009	0.033
14	0.017	0.025	0.014	0.025	0.008	0.023
15	0.017	0.025	0.014	0.035	0.010	0.025
16	0.020	0.035	0.015	0.048	0.011	0.028
17	0.019	0.033	0.010	0.030	0.008	0.016
18	0.021	0.035	0.013	0.019	0.007	0.016
19	0.022	0.052	0.015	0.021	0.016	0.036
20	0.015	0.025	0.014	0.028	0.010	0.019
21	0.018	0.025	0.013	0.025	0.013	0.029
22	0.017	0.025	0.014	0.025	0.013	0.024
23	0.015	0.028	0.016	0.039	0.011	0.023
24	0.014	0.025	0.012	0.024	0.011	0.023
25	0.014	0.025	0.012	0.025	0.014	0.024
26	0.015	0.039	0.010	0.017	0.022	0.039
27	0.014	0.025	0.013	0.021	0.035	0.073
28	0.014	0.025	0.016	0.025	0.023	0.065
29	0.011	0.021	0.014	0.025	0.013	0.022
30	0.010	0.031	0.010	0.021	0.015	0.023
31	0.014	0.035	0.012	0.034		

Çizelge 6.2. Bakünün 2012 - Ekim, Kasım, Aralık ayları üzre SO_2 değerleri ($\mu g/m^3$)

	Ekim – 2012		**Kasım - 2012**		**Aralık - 2012**	
Günler	**q_{orta}**	**q_{max}**	**q_{orta}**	**q_{max}**	**q_{orta}**	**q_{max}**
1	0.017	0.040	0.019	0.040	0.015	0.030
2	0.014	0.033	0.018	0.033	0.017	0.028
3	0.017	0.028	0.017	0.036	0.019	0.047
4	0.016	0.032	0.014	0.037	0.017	0.053
5	0.015	0.023	0.017	0.036	0.016	0.031
6	0.013	0.020	0.010	0.021	0.015	0.023
7	0.011	0.020	0.013	0.033	0.016	0.025
8	0.008	0.019	0.015	0.039	0.012	0.026
9	0.010	0.029	0.013	0.025	0.015	0.025
10	0.013	0.029	0.011	0.028	0.016	0.028
11	0.011	0.025	0.011	0.028	0.014	0.031
12	0.012	0.035	0.013	0.025	0.010	0.017
13	0.013	0.028	0.014	0.023	0.013	0.021
14	0.013	0.025	0.013	0.029	0.012	0.019
15	0.012	0.025	0.012	0.022	0.013	0.019
16	0.014	0.022	0.011	0.029	0.015	0.021
17	0.016	0.040	0.012	0.019	0.015	0.025
18	0.014	0.033	0.010	0.021	0.012	0.024
19	0.011	0.028	0.009	0.017	0.014	0.024
20	0.017	0.039	0.010	0.017	0.013	0.022
21	0.017	0.028	0.012	0.025	0.012	0.024
22	0.015	0.035	0.015	0.046	0.013	0.020
23	0.017	0.035	0.013	0.043	0.015	0.028
24	0.015	0.052	0.012	0.020	0.016	0.025
25	0.015	0.052	0.013	0.025	0.016	0.025
26	0.012	0.028	0.013	0.025	0.015	0.025
27	0.011	0.017	0.015	0.035	0.017	0.025
28	0.012	0.023	0.015	0.044	0.012	0.029
29	0.013	0.023	0.009	0.023	0.013	0.025
30	0.015	0.020	0.012	0.021	0.016	0.028
31	0.015	0.023			0.016	0.028

Çizelge 6.3. Bakünün 2013 – Ocak, Şubat, Mart ayları üzre SO_2 değerleri ($\mu g/m^3$)

	Ocak – 2013		**Şubat - 2013**		**Mart - 2013**	
Günler	**q_{orta}**	**q_{max}**	**q_{orta}**	**q_{max}**	**q_{orta}**	**q_{max}**
1	0.016	0.026	0.007	0.016	0.009	0.017
2	0.016	0.025	0.010	0.010	0.007	0.025
3	0.015	0.028	0.009	0.016	0.010	0.025
4	0.018	0.031	0.007	0.011	0.007	0.022
5	0.016	0.026	0.008	0.013	0.010	0.019
6	0.015	0.025	0.009	0.017	0.011	0.020
7	0.015	0.032	0.010	0.017	0.009	0.032
8	0.016	0.028	0.014	0.025	0.009	0.028
9	0.017	0.028	0.013	0.025	0.008	0.023
10	0.015	0.025	0.014	0.028	0.009	0.019
11	0.014	0.021	0.014	0.031	0.009	0.020
12	0.012	0.025	0.013	0.028	0.015	0.036
13	0.013	0.028	0.009	0.019	0.014	0.036
14	0.013	0.033	0.010	0.016	0.014	0.040
15	0.015	0.025	0.008	0.012	0.013	0.048
16	0.017	0.025	0.008	0.012	0.014	0.048
17	0.018	0.024	0.009	0.020	0.009	0.036
18	0.018	0.033	0.008	0.016	0.007	0.023
19	0.017	0.035	0.016	0.028	0.020	0.036
20	0.018	0.035	0.013	0.019	0.013	0.036
21	0.019	0.036	0.012	0.023	0.014	0.048
22	0.015	0.024	0.008	0.016	0.009	0.028
23	0.009	0.017	0.010	0.020	0.010	0.023
24	0.012	0.019	0.009	0.016	0.014	0.036
25	0.006	0.017	0.010	0.023	0.014	0.046
26	0.008	0.014	0.009	0.020	0.016	0.036
27	0.008	0.016	0.008	0.017	0.015	0.047
28	0.009	0.017	0.006	0.014	0.010	0.026
29	0.007	0.016			0.011	0.030
30	0.007	0.012			0.010	0.019
31	0.007	0.013			0.010	0.023

Çizelge 6.4. Bakünün dokuz aylık ortalama SO_2 değerleri ($\mu g/m^3$)

Aylar	**Kirleticinin adı**	**Analiz olunan numunelerin sayı**	**SO_2 konsantrasyonu**		
			q_{min}	**q_{orta}**	**q_{max}**
Temmuz - 2012	SO_2	396	0	0.016	0.052
Ağustos - 2012	SO_2	400	0	0.015	0.052
Eylül - 2012	SO_2	298	0	0.011	0.073
Ekim - 2012	SO_2	432	0	0.014	0.052
Kasım - 2012	SO_2	450	0	0.013	0.046
Aralık - 2012	SO_2	410	0	0.014	0.053
Ocak - 2013	SO_2	398	0	0.018	0.036
Şubat – 2013	SO_2	427	0	0.013	0.031
Mart - 2013	SO_2	450	0	0.011	0.048

Çizelge 6.5. Bakü Bölgesinin 2012 Temmuz ayının Meteorolojik Verileri

Gün	Sck.gece (^{0}C)	Sck.günd (^{0}C)	Rüzgar (m/san)	Yağış (mm)	Basınç (mb)	Nem.gece (%)	Nem.günd (%)
1	16	23	16	0,4	760	75	55
2	18	25	12	0	760	75	52
3	19	26	11	0	756	70	52
4	20	30	16	0	750	65	53
5	22	29	18	0	752	65	53
6	20	29	16	0	750	65	58
7	19	29	18	0	750	70	55
8	20	28	15	1	757	65	55
9	23	33	16	0	757	75	55
10	23	33	11	0	757	70	45
11	23	33	11	0	754	70	45
12	23	33	11	0	754	70	50
13	23	33	12	0	754	70	50
14	23	32	12	0	757	65	51
15	21	26	24	0	760	70	55
16	22	33	11	0	754	75	58
17	22	34	11	0	757	70	50
18	23	34	15	0	760	70	53
19	22	30	17	0	762	83	68
20	23	33	9	0	758	83	57
21	22	32	10	0	757	70	57
22	24	36	10	0	758	70	58
23	25	37	8	0	758	75	45
24	26	38	9	0	758	75	50
25	24	34	18	0	760	70	44
26	24	34	10	0	757	80	60
27	25	36	9	0	757	80	60
28	21	26	13	0	760	75	58
29	22	34	13	0	758	75	55
30	23	31	16	0	758	80	55
31	24	34	10	0	757	75	47
Ort. Top.	**22,1**	**31,5**	**13,2**	**1,4**	**756,7**	**72,5**	**53,5**

Çizelge 6.6. Bakü Bölgesinin 2012 ağustos ayının Meteorolojik Verileri

Gün	Sck.gece (^{0}C)	Sck.günd (^{0}C)	Rüzgar (m/san)	Yağış (mm)	Basınç (mb)	Nem. gece (%)	Nem.günd (%)
1	23	33	10	0	760	65	50
2	23	35	9	0	758	70	55
3	24	35	9	0	757	65	45
4	25	36	9	0	758	65	50
5	25	36	9	0	754	70	45
6	25	38	8	0	754	73	43
7	26	38	8	0	755	73	43
8	25	37	9	0	756	70	45
9	25	35	10	0	755	70	50
10	25	36	12	0	757	70	50
11	22	27	14	0	757	65	45
12	24	36	9	0	756	70	43
13	24	36	10	0	755	75	48
14	26	38	9	0	755	73	38
15	25	37	9	0	755	70	35
16	22	31	13	0	757	65	38
17	23	33	22	0	758	73	43
18	22	26	24	0	758	73	43
19	22	32	15	0	756	75	40
20	22	31	22	0	757	70	43
21	20	27	20	0	760	70	35
22	22	27	17	0	764	75	38
23	21	31	10	0	760	80	50
24	21	30	7	0	762	75	45
25	22	27	10	0	760	75	45
26	21	31	10	0	755	75	43
27	24	34	13	0	753	75	50
28	23	30	20	0	760	70	50
29	23	27	24	0	760	75	50
30	21	28	20	0	761	70	55
31	21	28	26	0	762	70	55
Ort. Top.	**23,1**	**32,5**	**13,5**	**0**	**757,6**	**71,3**	**45,4**

Çizelge 6.7. Bakü Bölgesinin 2012 eylül ayının Meteorolojik Verileri

Gün	Sck.gece (^{0}C)	Sck.günd (^{0}C)	Rüzgar (m/san)	Yağış (mm)	Basınç (mb)	Nem.gece (%)	Nem.günd (%)
1	18	23	18	0	760	70	55
2	19	24	18	0	760	70	55
3	22	28	9	0	762	70	55
4	19	27	15	0	756	75	55
5	18	25	18	0	763	65	53
6	19	28	10	0,8	756	80	58
7	19	28	10	0	758	80	63
8	18	19	13	0	758	75	60
9	19	24	16	0	760	80	60
10	16	20	21	6	767	85	63
11	17	24	10	9	763	80	53
12	17	23	10	0	760	75	53
13	17	24	9	0	761	75	53
14	18	27	10	0	761	73	53
15	18	22	13	0	760	73	58
16	19	29	9	0	761	70	58
17	19	31	14	0	758	78	63
18	19	29	24	0	760	70	55
19	19	30	10	0	758	80	55
20	19	30	10	0	758	80	58
21	19	30	10	0	759	80	58
22	17	25	21	0	758	75	58
23	18	28	20	8	759	80	53
24	19	26	8	0	762	75	53
25	18	26	11	0	762	83	63
26	20	27	15	0	765	83	63
27	19	24	17	0	767	90	73
28	19	28	10	0	765	85	58
29	17	23	13	0	762	85	58
30	17	25	10	0	763	80	58
31							
Ort. Top.	**18,4**	**25,9**	**13,4**	**23,8**	**760,7**	**77,3**	**57,7**

Çizelge 6.8. Bakü Bölgesinin 2012 ekim ayının Meteorolojik Verileri

Gün	Sck.gece (^{0}C)	Sck.günd (^{0}C)	Rüzgar (m/san)	Yağış (mm)	Basınç (mb)	Nem.gece (%)	Nem.günd (%)
1	19	30	9	0	766	90	68
2	19	28	10	0	766	85	60
3	18	28	9	0	763	85	58
4	17	26	11	0	760	85	63
5	17	27	10	0	763	85	65
6	18	23	16	0	763	85	63
7	19	26	11	0	760	85	63
8	19	26	13	0	760	80	60
9	17	21	20	0	763	83	63
10	19	23	11	6	763	83	63
11	19	23	10	0	763	83	63
12	16	21	27	0	765	85	60
13	16	21	16	0	763	85	60
14	16	19	16	16	765	83	60
15	16	21	11	0	768	83	63
16	16	26	24	0	768	83	68
17	18	25	11	0	768	83	68
18	15	26	9	0	768	85	65
19	15	26	10	0	768	85	65
20	17	21	15	0	765	85	65
21	16	22	9	0	768	90	65
22	16	24	9	0	760	90	63
23	15	21	9	8	760	90	70
24	15	21	9	0	760	90	70
25	11	17	9	0	760	90	70
26	15	20	10	0	760	85	65
27	15	21	10	0	763	85	70
28	14	21	10	0	763	85	78
29	14	22	9	0	763	90	78
30	14	22	10	0	760	93	78
31	14	21	9	0	767	85	78
Ort. Top.	**16,3**	**23,2**	**12**	**30**	**763,6**	**85,8**	**66,1**

Çizelge 6.9. Bakü Bölgesinin 2012 kasım ayının Meteorolojik Verileri

Gün	Sck.gece (^{0}C)	Sck.günd (^{0}C)	Rüzgar (m/san)	Yağış (mm)	Basınç (mb)	Nem.gece (%)	Nem.günd (%)
1	15	17	16	0	767	93	75
2	14	18	10	0	767	93	75
3	12	17	19	0	760	93	77
4	13	17	11	0	763	90	77
5	14	21	11	0	763	90	78
6	15	21	11	0	767	90	78
7	14	17	20	0	767	90	78
8	14	20	12	0	764	93	78
9	14	19	18	0	763	93	78
10	14	21	17	0	763	93	78
11	13	17	25	1	770	90	78
12	9	13	12	0	770	90	75
13	8	12	11	0	767	93	73
14	8	13	16	18	767	93	73
15	10	13	11	0	767	90	73
16	6	12	13	1	767	90	73
17	8	14	11	0	767	93	70
18	10	13	11	0	767	90	70
19	10	13	11	0	771	90	70
20	10	13	14	0	769	90	70
21	10	12	14	0	770	90	70
22	8	12	8	0	770	90	70
23	8	12	11	0	767	90	70
24	5	9	24	0	770	93	70
25	5	13	11	0	765	93	70
26	7	10	15	0	765	93	75
27	7	12	8	0	768	90	70
28	9	14	12	0	766	88	78
29	9	17	11	0	764	93	73
30	10	16	11	0	766	93	73
31							
Ort. Top.	**10,3**	**14,9**	**13,5**	**20**	**766,6**	**91,3**	**73,9**

Çizelge 6.10. Bakü Bölgesinin 2012 aralık ayının Meteorolojik Verileri

Gün	Sck.gece (^{0}C)	Sck.günd (^{0}C)	Rüzgar (m/san)	Yağış (mm)	Basınç (mb)	Nem.gece (%)	Nem.günd (%)
1	4	9	15	0	761	85	70
2	9	15	11	0	760	90	70
3	9	15	24	0	761	90	70
4	8	16	16	0	755	80	70
5	7	12	20	0	757	90	70
6	9	14	11	0	760	94	75
7	9	14	12	0	760	90	65
8	5	9	17	0	759	90	65
9	7	10	21	0	759	94	65
10	7	10	12	2	763	90	75
11	7	11	12	23	763	93	80
12	7	11	10	0	768	90	80
13	7	11	10	9	771	93	75
14	0	3	21	0	770	90	75
15	1	3	21	0	770	90	70
16	1	3	11	0	771	90	75
17	1	4	11	1	772	93	75
18	1	6	11	9	770	92	80
19	2	6	11	0	759	92	80
20	5	7	21	2	758	93	65
21	2	5	17	0	760	90	65
22	2	4	19	0	761	90	75
23	3	6	22	0	770	93	70
24	3	7	22	0,5	770	93	65
25	0	5	10	0	777	90	65
26	2	5	17	0	759	90	70
27	2	7	16	0	759	85	65
28	2	7	18	0	765	90	75
29	2	6	14	0	765	85	70
30	1	3	12	0	770	93	75
31	1	3	12	0	770	90	75
Ort. Top.	**4,1**	**8,0**	**15,4**	**46,5**	**764,3**	**90,3**	**71,6**

Çizelge 6.11. Bakü Bölgesinin 2013 ocak ayının Meteorolojik Verileri

Gün	Sck.gece (^{0}C)	Sck.günd (^{0}C)	Rüzgar (m/san)	Yağış (mm)	Basınç (mb)	Nem.gece (%)	Nem.günd (%)
1	2	6	11	0	760	80	65
2	1	5	13	0	761	80	65
3	3	7	11	0	770	85	70
4	2	9	15	0	761	88	65
5	1	5	12	0	761	85	70
6	1	4	15	1	763	90	75
7	3	10	15	0	757	85	70
8	1	3	15	0	757	85	70
9	1	4	16	3	763	90	70
10	5	1	15	18	761	88	65
11	1	6	11	0	768	85	65
12	7	3	16	0	768	88	65
13	1	5	12	0	768	88	70
14	1	7	11	0	771	88	68
15	2	9	16	0	771	83	62
16	2	8	17	0	760	85	63
17	2	8	18	0	760	83	63
18	3	9	17	0	761	85	52
19	3	11	15	0	761	85	63
20	4	12	18	0	760	80	65
21	4	11	18	0	761	80	65
22	5	17	17	0	759	85	68
23	5	15	16	0	760	75	55
24	4	14	11	0	759	75	55
25	5	15	15	0	760	92	73
26	4	10	9	0	761	85	68
27	4	11	20	0	760	85	60
28	2	4	20	0	760	90	65
29	-1	2	19	0,1	759	90	65
30	-1	2	14	0	759	90	68
31	-5	0	11	0	759	85	60
Ort. Top.	**2,3**	**7,5**	**14,8**	**22,1**	**761,9**	**85,1**	**65,3**

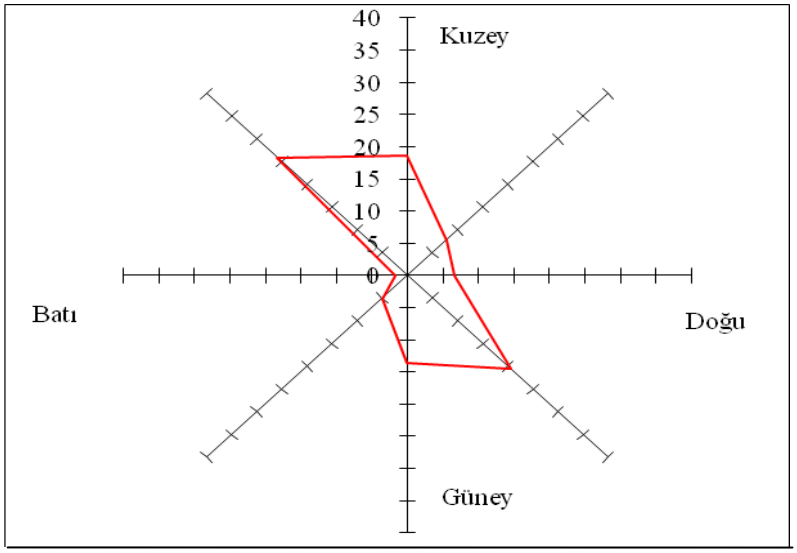
Çizelge 6.12. Bakü Bölgesinin 2013 şubat ayının Meteorolojik Verileri

Gün	Sck.gece (^{0}C)	Sck.günd (^{0}C)	Rüzgar (m/san)	Yağış (mm)	Basınç (mb)	Nem.gece (%)	Nem.günd (%)
1	2	5	10	0,1	763	85	70
2	4	7	8	0	765	80	70
3	2	5	17	0	768	83	68
4	5	11	16	0	761	85	70
5	4	8	20	0	768	82	73
6	5	9	20	0	768	82	73
7	4	9	11	0	765	92	73
8	4	10	11	0,2	765	90	70
9	5	8	10	0,1	763	85	70
10	4	10	11	0	761	85	73
11	4	9	10	0	760	85	73
12	5	11	18	0,1	763	90	75
13	5	9	15	0	768	85	70
14	3	5	12	0	765	80	65
15	4	8	12	0	761	80	65
16	5	9	10	0,1	763	85	70
17	2	6	11	0	765	80	65
18	4	7	12	1	765	90	75
19	4	7	10	17	763	92	75
20	5	9	12	0,1	768	90	70
21	2	5	15	0	765	85	65
22	4	8	12	0	765	85	70
23	4	7	15	0	760	80	65
24	3	6	13	11	765	85	65
25	3	5	11	0	763	90	75
26	4	9	11	2	763	90	73
27	4	10	13	0,1	761	85	65
28	4	8	13	0	760	80	60
29							
30							
31							
Ort. Top.	**3,9**	**7,9**	**12,8**	**31,8**	**763,9**	**85,2**	**69,7**

Çizelge 6.13. Bakü Bölgesinin 2013 mart ayının Meteorolojik Verileri

Gün	Sck.gece (^{0}C)	Sck.günd (^{0}C)	Rüzgar (m/san)	Yağış (mm)	Basınç (mb)	Nem.gece (%)	Nem.günd (%)
1	3	7	10	0,1	770	95	80
2	3	10	11	0	768	90	75
3	4	9	15	0	770	87	70
4	3	5	23	0	774	90	75
5	0	4	23	2	777	90	73
6	0	5	18	0	768	90	75
7	0	4	12	0	768	90	75
8	3	10	15	0	770	85	70
9	4	12	15	0	768	85	65
10	9	19	10	0	758	75	65
11	8	19	10	0	752	70	62
12	9	21	15	0	758	70	65
13	6	12	22	0	761	75	63
14	7	15	15	0	763	75	60
15	7	16	18	0	765	75	60
16	10	19	21	0	765	75	60
17	10	21	18	0	763	70	61
18	6	12	17	0,1	766	90	75
19	6	15	15	0	760	85	55
20	7	18	12	0	762	85	55
21	6	15	10	0	760	85	70
22	6	16	15	0	760	80	60
23	7	16	14	0	758	75	65
24	7	20	14	0	752	70	62
25	9	19	12	0	752	70	62
26	9	20	12	0	760	75	60
27	6	13	13	0	764	85	65
28	5	14	23	0	766	90	75
29	5	13	20	0	766	90	75
30	4	7	23	0	760	85	55
31	6	15	12	0,1	766	90	70
Ort. Top.	**5,6**	**13,2**	**15,6**	**2,3**	**763,5**	**82**	**66,4**

Bakü il merkezine ait olan “rüzgar gülü” Şekil 6.1’de verilmiştir. Bakünün ortalama rüzgar yönü güneydoğu ve kuzeybatıdır. Bu şehir üzerindeki kirli havayı dağıtmak için yeterlidir.



Şekil 6.1. Bakü İl Merkezinin rüzgar gülü

7. METEOROLOJİK PARAMETRELER İLE KİRLETİCİLER ARASINDA YAPILAN İSTATİSTİKİ ÇALIŞMA

Bakü il merkezinde elde edilen dokuz aylık kükürt dioksit sonuçları ile yedi aylık sıcaklık, nem, rüzgar, basınç ve yağış sonuçları arasındaki korelasyon katsayıları bulunmuştur ve çizelgeler halinde gösterilmiştir.

Çizelge 7.1. Bakü il merkezinin aylar üzere ortalama meteorolojik faktörler ile kirleticiler arasındakı korelasyon katsayıları

Korelasyon / Aylar	SO_2 ve Sck.gece	SO_2 ve Sck. gün	SO_2 ve rüzgar	SO_2 ve yağış	SO_2 ve basınç	SO_2 ve nem gece	SO_2 ve nem gün
Temmuz - 2012	-0,00074	-0,00704	-0,08246	-0,32316	0,19993	-0,03585	0,14920
Ağustos – 2012	0,04710	0,00993	-0,11149	0	-0,08351	-0,17357	0,04837
Eylül – 2012	0,19202	0,01642	0,05599	-0,12320	0,56174	0,56073	0,60512
Ekim – 2012	-0,11725	0,14016	-0,28830	0,05031	0,12018	0,55943	0,18384
Kasım – 2012	0,26902	0,19818	-0,07233	-0,01930	-0,31215	0,18097	0,30113
Aralık - 2012	0,29606	0,35269	0,06647	-0,17105	-0,17682	-0,18226	-0,31565
Ocak - 2013	0,15819	0,08500	0,08622	0,09400	0,10725	-0,26323	0,01692
Şubat – 2013	0,13553	0,15578	-0,23181	0,33354	-0,02747	0,44854	0,39403
Mart - 2013	0,41523	0,44169	-0,07565	-0,10095	-0,43912	-0,39177	-0,56304

Çizelge 7.2. Bakü il merkezinin dokuz aylık ortalama meteorolojik faktörler ile kirleticiler arasındakı korelasyon katsayıları

SO_2 ve meteorolojik faktörler	**Korelasyon katsayıları**
SO_2 ve Sck.gece arasındaki korelasyon katsayısı	0,01393
SO_2 ve sck günd. arasındaki korelasyon katsayısı	0,02007
SO_2 ve rüzgar arasındaki korelasyon katsayısı	-0,01826
SO_2 ve yağış arasındaki korelasyon katsayısı	-0,06659
SO_2 ve basınç arasındaki korelasyon katsayısı	-0,38252
SO_2 ve nem gece arasındaki korelasyon katsayısı	-0,11805
SO_2 ve nem günd. arasındaki korelasyon katsayısı	-0,23201

Baküde son 9 ayda (2012 temmuz – 2013 mart) SO_2 değerlerine baktığımızda ortalama ve maksimum sınır değerlerin (çizelge 7.3) aşılmadığını görüyoruz.

Çizelge 7.3. Ortalama ve maksimum sınır değerleri

Aylar	Aylık ortala SO_2 değerleri	Ortalama sınır değerleri	Maksimum sınır değerleri
Temmuz - 2012	0,015	0,05	0,5
Ağustos - 2012	0,014	0,05	0,5
Eylül - 2012	0,013	0,05	0,5
Ekim - 2012	0,014	0,05	0,5
Kasım - 2012	0,013	0,05	0,5
Aralık - 2012	0,015	0,05	0,5
Ocak - 2013	0,014	0,05	0,5
Şubat – 2013	0,010	0,05	0,5
Mart - 2013	0,011	0,05	0,5

Elde etdiğimiz kirlilik değerlerimizle ortalama ve maksimum sınır değerlerini kıyasladığımızda sınır değerlerin altında bir kirliliğin olduğunu görmekteyiz. Buradan da anlaşılacağı üzere Baküde çok ciddi bir hava kirliliği bulunmamaktadır. En yüksek değerler Ekim-Mart ayları arasnında olmuştur. Bu aylarda çok ciddi olmamakla birlikte Bakü'de bir hava kirliliği problemiyle karşılaşılmaktadır (şekil 7.1).

Hava kalitesini olumsuz etkileyen en önemli kaynak evsel ısınma ve bunun için kullanılan yakıtlar, ulaşımdır. Baküde ulaşım başlı başına bir problem olarak göze çarpmaktadır. Gerek araç sayının çokluğu gerekse şehir merkezindeki yolların yetersizliği Baküde önemli hava kirliliği kaynaklarından birisini oluşturmaktadır. Şehir merkezi içindeki yollar ve caddeler dar ve yetersizdir. Büyük bir otopark problemi bulunmaktadır. Bu problemden dolayı pek çok sürücü araçalrını yol kenarına park etmekde ve zaten dar ve yetersiz olan yollar yüzünden trafik iyice akıcılığını kaybetmektedir.

Çizelge 7.4. Ülkede kişi başına düşen esas kirletici miktarı (kg ile), (Memmedov, 2004)

Kirleticiler	**1990**	**1995**	**1996**	**1997**	**1997**	**1999**	**2000**	**2001**	**2002**
CO_2	9.9	2.9	2.5	3.0	2.8	2.8	3.3	3.5	2.7
SO_2	12.7	6.6	5.3	5.0	4.5	4.7	4.5	1.8	1.7
NO_2	18.3	4.2	3.2	3.4	3.3	3.1	3.1	3.4	3.3
Toksit atıklar		3.6	2.4	4.7	4.4	1.7	3.4	2.1	1.2

Şehrin hava kalitesini etkileyen en önemli faktörlerden biri de nüfustur. Çünki nüfus diğer kirletici kaynaklarını da doğrudan ilgilendiren bir faktördür. Nüfusun artmasıyla birlikte konut sayısı da artmaktadır. Bu da daha çok baca vedaha çok emisyon demektir. Ayrıca yine nüfusun artması demek daha çok aracın trafiğe çıkması

demektir. Yine bu da daha çok egzoz gazı demektir, (çizelge 7.4). Nüfusun artmasıyla birlikte iş alanları da, diğer bir deyişle sanayi tesisleri de artmaktadır. Tüm bunlardan da anlaşılacağı üzere nüfus, hava kalitesini etkileyen pek çok faktörün artmasına sebep olmaktadır.

Hava kalitesini etkileyen meteorolojik faktörler de vardır. Bunlardan en önemlileri sıcaklık, nispi nem, basınç, yağış ve rüzgarlardır. Elde edilen verilere bakıldığında en soğuk ayların ve aynı zamanda kirliliğin de en çok olduğu Aralık, Ocak, Şubat ve Mart ayları olduğu görülmektedir. Buradan da anlaşılacağı üzere sıcaklıkla kirlilik arasında ters bir orantı mevcuttur. Yani sıcaklık azaldıkça kirlilik artmaktadır. Çünki sıcaklık azaldıkça ısınma amçlı yakıtlar çok tüketilmektedir. Böylece daha çok baca gazı emisyonu salınmaktadır.

Tüm dünyada olduğu gibi Baküde de küresel ısınma sonucunda sıcaklık yükselmektedir. Küresel ısınma kadar etki yapan diğer unsurda Bakünün doğusunda yerleşen Hazar gölüdür. Bunlar şehirdeki nem oranını oldukça yükseltmektedirler. Nispi nem ile kirlilik arasında doğru orantı vardır. Yani nem oranı artdıkça kirlilikte artmaktadır.

Rüzgar hızı Baküde oldukça yüksektir. Yeterli bir kuvvette rüzgar olduğundan kirli hava kitleleri şehrin özerinden dağılmakta ve olumsuz bir sonuç ortaya çıkmamaktadır. Rüzgar hızı arttıkça kirlilik değerleri de düşmektedir.

Baküde şuan için çok ciddi bir hava kirliliği bulunmamasına rağmen yukarıda yapılan değerlendirmelerin sonucunda geleceğin çok da parlak olmadığı görülmektedir. Şimdiden gerekli önlemler alınmaz ise gelecekte çok ciddi problemler meydana gelebilir.

8. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

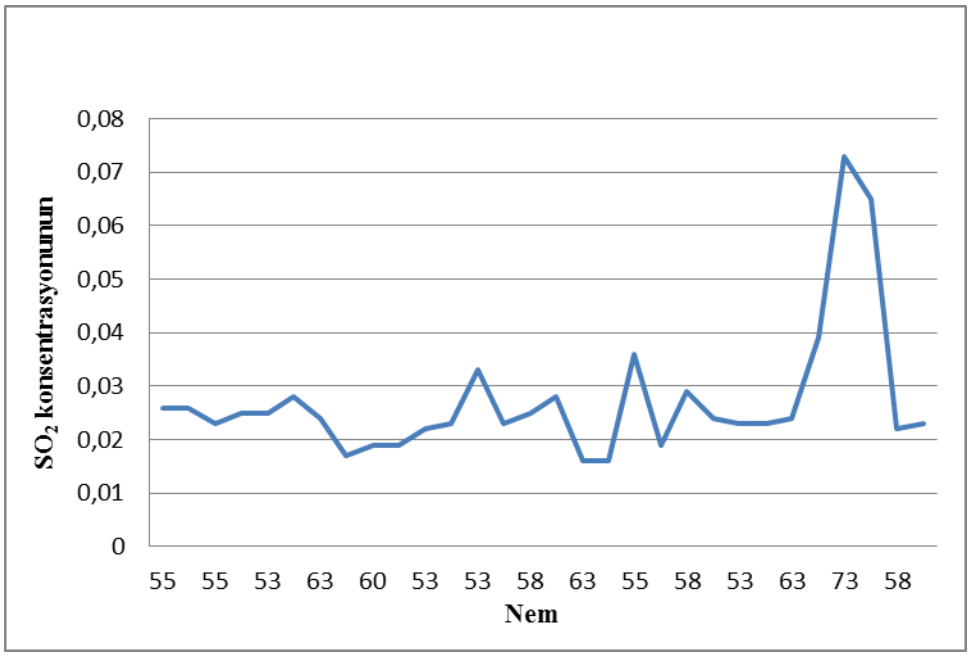
8.1. Sonuçlar

Bu çalışmada, Baküde havanın kirlenme derecesi etkileyen SO_2 ve meteorolojik faktörler ele alınmıştır.

Çalışmanın birinci aşamasında Bakünün topografik özellikleri ve coğrafi durumu, havanın kirlenmesine tesir edebilecek çeşitli meteorolojik faktörler ve kirlilik kaynakları incelenmiştir.

İkinci aşamada kirlilik derecesinin doğru bir şekilde tespiti için kükürt dioksit analizleri yapılmıştır.

Elde edilen değerler arasında korelasyon(bağlantı) araştırılmıştır. Maksimal konsantrasyon Eylül ayında nem %73 oldukta (en fazla) oluyor (şekil 8.1).



Şekil 8.1. Eylül ayında nem (gündüz) ile SO_2 konsentrasyonunun grafiği

Aylık ortalamalar için yapılan korelasyon analizinde korelasyon katsayılarının minimum r=-0,00074 ile maksimum r=0,60512 arasında değiştiği görülmüştür. Böylelikle kirlilik konsantrasyonları ile meteorolojik faktörlerden "sıcaklık, rüzgar, yağış, basınç ve nem" arasında negatif bir ilişki olduğu malum olmuştur.

8.2. Öneriler

Hızlı nüfus artışı özellikle köylerden göçün sonucu şehirde nüfusta gözlenen büyük artış sonucunda zorunlu yeni yerleşim alanları açılmıştır. Yeni açılan bu yerleşim yerlerinin seçilerken meteorolojik koşulların göz önünde bulundurulamayışı yüzünden eski yerleşim alnları için kirletici olmaktadır. Bu nedenle yeni yerleşim alanları şehrin dışında kalacak şekilde planlanmalıdır.

Hava kirliliğini oluşturan tesislere baca gazı arıtım teknolojileri uygulanmalıdır.

Sanayide kükürt oranı %3.5 olan fuel-oil'in yerine kükürt oranı %1.5 olan özel kalorifer yakıtının kullanılmasına gidilmelidir.

Endüstriyel tesisler yapılırken meteorolojik ve iklim özellikler gözetilerek hava kirlanmesi açısından özenli yer seçilmelidir.

Caddelerin dar olması ve otopark sayısı yetersiz olduğundan araçalrın yol kenarında park etmeleri trafiğin akıcılığının kaybetmesine sebep olmakta ve daha çok egzoz gazı salınımına yol açmaktadır. Bunun çözümü için şehir merkezinde çeşitli noktalara otoparklar inşa edilmeli ve daha geniş caddeler yapılmalıdır. Ayrıca araçların yol üzerinde park etmeleri engellenerek trafiğin akıcılığı sağlanılmalıdır.

Egzoz muayeneleri daha sık yapılarak havayı kirleten araçlar tespit edilmeli ve gereken cezalar kesilmelidir.

Baküde şuanda tek bir ölçüm istasyonu bulunmaktadır. SO_2 kirleticileri ölçülen nokataların artırılması ve daha sağlıklı sonuçlar elde edilmelidir. Böylece şehrin kirlilik durumu çok daha net bir şekilde ortaya çıkabilir ve önlemler buna gore alınabilir.

KAYNAKLAR

Arne Marian Leitte, Cristina Petrescu, Ulrich Franck, Matthias Richter, Oana Suciu, Romanita Ionovici, Olf Herbarth, 15 June 2009, Uwe Schlink-Respiratory health, effects of ambient air pollution and its modification by air humidity in Drobeta-Turnu Severin, Science of The Total Environment, Volume 407, Issue 13, Romania, Pages 4004-4011.

Ağayev T.D., 2012, Şəhərlərin atmosferinin antropogen çirklənməsinin tədqiqi və proqnozlaşdırılması məqsədilə, yerüstü və aerokosmik məlumatların emalı üsullarının işlənib hazırlanması (Abşeron yarımadası şəhərləri timsalında), Bakı, 63-96.

Ağayev T.D., Məmmədov E.M., Məmmədov M.Ə., Məmmədov Ş.A., 1999, Sənaye qazlarının təmizlənməsi və zərərsizləşdirilməsi, "Həyat fəaliyyətinin mühafizəsi" II Beynəlxalq elmi prakt. konf. material, 92-93.

Ağayev T.D., Həsənov H.M., Yüzbəyov Y.Ə., Məmmədov M.Ə. və b., 2001, Tullantı qazların azot və kükürd oksidlərindən təmizlənməsi, Patent № 20030137.

Ağayev T.D., Əsədova L.Ə., Quliyeva A.A., 2004, Şəhər atmosferinin kükürd qazı ilə çirklənməsi və onun zərərsizləşdirilməsi yolları, Respublika Elmi prak. konf.-Gəncə, 258-259.

Ağayev T.D., Əliyev V.Ə., 2002, İstilik elektrik mərkəzlərinin hava hövzəsinə təsiri, "Ekologiya və HF mühafizəsi" IV Beynəlxalq konf. material, 155-156.

Asgerov E., Hüseynov E., 2004, Müasir ekologiya, Gence, 92-102.

Budaqov B., 29 ekim 1997, Apşeronun ekoloji qayğıları, Respublika qezeti, 4.

Budaqov B., 1994, Azerbaycan Respublikasının ekoloji gerginlik derecesine göre ekoloji-coğrafi rayonlaşdırılması, Elmi-praktiki konfrans mater., 135-150.

David West L., Fred Montgomery C., Timothy Armstrong R., 2009, A technique for monitoring SO2 in combustion exhausts: Use of a non-Nernstian sensing element in combination with an upstream catalytic filter Sensors and Actuators B: Chemical, 140, 482–489.

Dursun S., 1988, Samsun il merkezi ve Tekkeköy civarında SO2, NH3 ve Duman ölçümü ve meteorolojik parametrelerle ilişkisinin araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, 19 Mayıs Ün Fen Bilim. Samsun.

Ertürk F., 1993, Hava Kirliliğinin Çevre Üzerindeki Etkileri, Hava Kirliliği Kaynakları ve Kontrolü, Gebze-Kocaeli, 15-47.

Everett Nickerson C., Gustavo Sosa, Heidy Hochstein, Paula Mccaslin, Winston Luke, Allen Schanot, 1992, Project aguila: In situ measurements of Mexico City air

pollution by a research aircraft Atmospheric Environment. Part B. Urban Atmosphere, 26, 445–451.

Eyyubov E.C., 1973, Bakünün iklimi, Bakü, 5-6, 10-46.

Eyyubov E.C., Musayev Z.F., 1997, Bakü və Abşeron yarımadasının iklimi və insan sehheti, Bakü, 18-31.

Francesca Costabile, Giuliano Bertoni, Franco Desantis, Fenjuan Wang, Hong Weimin, Liu Fenglei, Ivo Allegrini, October 2006, "A preliminary assessment of major air pollutants in the city of Suzhou, China Original Research Article" Atmospheric Environment, Volume 40, Issue 33, Pages 6380-6395.

Haidong Kan, Chit-Ming Wong, Nuntavarn Vichit-Vadakan, Zhengmin Qian, April 2010, Short-term association between sulfur dioxide and daily mortality: Public Health and Air Pollution in Asia (PAPA) study, Environmental Research, Volume 110, Issue 3, Pages 258-264.

Hang Thi Nguyen, Ki-Hyun Kim, November 2006, Evaluation of SO2 pollution levels between four different types of air quality monitoring stations, Atmospheric Environment, Volume 40, Issue 36, Pages 7066-7081.

Ignatius Tak Sun Yu, Yong hui Zhang, Wilson Wai San Tam, Qing Hua Yan, Yan jun Xu, Xiao jun Xun, Wei Wu, Wen Jun Ma, Lin Wei Tian, Lap Ah Tse, Xiang Qian Lao, January 2012, Effect of ambient air pollution on daily mortality rates in Guangzhou, China, Atmospheric Environment, Volume 46, Pages 528-535.

Junshan Cao, Weihua Li, Jianguo Tan, Weimin Song, Xiaohui Xu, Cheng Jiang, Guohai Chen, Renjie Chen, Wenjuan Ma, Bingheng Chen, Haidong Kan, 15 October 2009, Association of ambient air pollution with hospital outpatient and emergency room visits in Shanghai, China, Science of The Total Environment, Volume 407, Issue 21, Pages 5531-5536.

Kai ZHOU, You-hua YE, Qiang LIU, Ai-jun LIU, Shao-lin PENG, 2007, Evaluation of ambient air quality in Guangzhou, China , Journal of Environmental Sciences, Volume 19, Issue 4, Pages 432-437.

Kara M., 2011, Tarımsal Meteoroloji, Konya, 44-132.

Ling Liu, Jinliang Zhang, January 2009, Ambient air pollution and children's lung function in China, Environment International, Volume 35, Issue 1, Pages 178-186.

Macías-Pérez M.C., Bueno-López A., Lillo-Ródenas M.A., Salinas-Martínez de Lecea C., Linares-Solano A., 2008, SO2 retention on CaO/activated carbon sorbents. Part III. Study of the retention and regeneration conditions Fuel, 87, Pages 3170–3175.

Mahmudov R.N., 2011, Hidrometeoroloji stansiya və məntəqələr üçün təlimat, Stansiyalarda meteoroloji müşahidələr, Bakı, 33-67, 122-128.

Marie S. O´Neill, Alvaro Osornio-Vargas, Miatta A. Buxton, Brisa N. Sánchez, Leonora Rojas-Bracho, Marisol Castillo-Castrejon, Irina B. Mordhukovich, Daniel G. Brown, Felipe Vadillo-Ortega, 15 March 2013, Air pollution, inflammation and preterm birth in Mexico City: Study design and methods, Science of The Total Environment, Volume 448, Pages 79-83.

Medet-zade E.A., 1960, Apşeronun hava növləri və iklimi, Bakü, 161-201.

Madat-zade V.M., 1988, Klimat Baku, Leningrad Gidrometeoizdat, Moskova, 20-39.

Memmedov E., Memmedova İ., 2006, Torpağın ekologiyası, Bakü, 129-132.

Memmedov Q.Ş., 2002, Azerbaycanın torpaq ehtiyatları, Bakü, 18-19.

Memmedov Q., Xelilov M., 2004, Ekologiya və etraf mühit, Bakü, 33-40, 96-99.

Memmedov Q.Ş., Xelilov M.Y., Memmedova S.Z., 2009, Azerbaycan Respublikası Ekoloji Atlas, Bakü Kartoqrafiya Fabriki, 148-149.

Müezzinoğlu A., 2000, Hava Kirliliği ve Kontrolünün Esasları, Dokuz Eylül Yayınları, İzmir.

Nadirov İ.E., 2005, Apşeronun iqlim rayonlaşdırılmasında ekosistemlərin sağlamlaşdırılması ve mehsuldar qüvvelerin semereli erazi teşkili, 17-18.

Novruzov E., 2009, Bakü neftinin və yerli icmaların tarixi, Bakü, 216-250.

Özden Ö., Döğeroğlu T., Kara S., July 2008, Assessment of ambient air quality in Eskişehir, Environment International, Volume 34, Issue 5, Turkey, Pages 678-687.

Paul J. Villeneuve, Julie Y.M. Johnson, Dion Pasichnyk, Justin Lowes, Scott Kirkland, Brian H. Rowe, 15 July 2012, Short-term effects of ambient air pollution on stroke: Who is most vulnerable? Science of The Total Environment, Volume 430, Pages 193-201.

Renjie Chen, Evangelia Samoli, Chit-Ming Wong, Wei Huang, Zongshuang Wang, Bingheng Chen, Haidong Kan, 15 September 2012, Associations between short-term exposure to nitrogen dioxide and mortality in 17 Chinese cities: The China Air Pollution and Health Effects Study (CAPES) Environment International, Volume 45, Pages 32-38.

Shiva Nagendra S.M., Venugopal K., Steven L. Jones, May 2007, Assessment of air quality near traffic intersections in Bangalore city using air quality indices, Transportation Research Part D: Transport and Environment, Volume 12, Issue 3, Pages 167-176

Söyleyici, F.D., Dursun, Ş., 2002 "Konya ili bölgesindeki meteorolojik özelliklerin hava kirliliğine etkisi". 16-18 Ekim 2002 I. Ulusal Çevre Sorunları Sempozyumu, Atatürk Ün. s:296-303, Erzurum

Stern A.C., Boubel R.W., Turner D.B., Fox D., 1984. Fundemantals of Air Pollution, Academic Pres, Inc. Orlando, Florida, USA.

Şaylan L., 1994, Hava Kirliliğinin Bitkiler Üzerindeki Etkisi, Hasad Dergisi, 29-31.

Xia Meng, Cuicui Wang, Dachun Cao, Chit-Ming Wong, Haidong Kan, 2013, Short-Term Effect of Ambient Air Pollution on COPD Mortality in Four Chinese Cities, Atmospheric Environment, In Press, Accepted.

Yenny González, Sergio Rodríguez, Juan Carlos Guerra García, Juan Luis Trujillo, Rosa García, September 2011, Ultrafine particles pollution in urban coastal air due to ship emissions, Atmospheric Environment, Volume 45, Issue 28, Pages 4907-4914.

Yu-Kai Huang, Munkh-Erdene Luvsan, Enkhjargal Gombojav, Chimedsuren Ochir, Jargal Bulgan, Chang-Chuan Chan, 2013, Land use patterns and SO2 and NO2 pollution in Ulaanbaatar, Mongolia Original Research Article, Environmental Research, In Press, Munkh-Erdene Luvsan, Ruei-Hao Shie, Tseden Purevdorj, Lkhagvasuren Badarch, Barkhasragchaa Baldorj, Chang-Chuan Chan- The influence of emission sources and meteorological conditions on SO2 pollution in Mongolia, Atmospheric Environment, Volume 61, December 2012, Pages 542-549.

Yu-Kang Chang, Chin-Ching Wu, Long-Teng Lee, Ruey Shiung Lin, Yang-Hao Yu, Yi-Chun Chen, March 2012, The short-term effects of air pollution on adolescent lung function in Taiwan, Chemosphere, Volume 87, Issue 1, Pages 26-30.

Yu Shang, Zhiwei Sun, Junji Cao, Xinming Wang, Liuju Zhong, Xinhui Bi, Hong Li, Wenxin Liu, Tong Zhu, Wei Huang, April 2013, Systematic review of Chinese studies of short-term exposure to air pollution and daily mortality, Environment International, Volume 54, Pages 100-111.

URL-1 http://www.bilgiustam.com/hava-kirliligini-arttiran-sicaklik-inversiyonu-bolum2/

URL-2 http://www.bilgiustam.com/hava-kirliligini-arttiran-sicaklik-inversiyonu-bolum2/

URL-3 http://www.eastport.cz/spektrofotometr-6850-jenway-bibby-scientific.html

EKLER

EK-1 Azerbaycanda dış hava kalitesi standartları.

SO_2'nin izin verilen konsantrasyonu (İVK) işyerinin havasında 0,01 mg/l, maksimum İVK ise 0,000005 mg/l'dir. Havada bulunan bazı kirleticilerin İVK-ı aşağıdaki çizelgede verilmişdir (Az.C., Ekoloji ve Doğal Kaynaklar Bakanlığı, Atmosfer Havasının Kirlenmesinin İzleme Laboratuarı).

№	Kirleticiler	Günlük ortalama konsantrasyon mg/m^3	Maksimum konsantrasyon mg/m3
1	partikül made	0.15	0.5
2	SO_2	0.05	0.5
3	CO	3	5
4	NO_2	0.04	0.085
5	NO	0.06	0.4
6	H_2S	-	0.008
7	Cl_2	0.03	0.1
8	HCl	0.2	0.2
9	Hg	0.0003	-
10	NH_3	0.04	0.2
11	H_2SO_4	0.1	0.3
12	CH_2O	0.003	0.035
13	C_6H_5OH	0.003	0.01
14	C	0.05	0.15
15	HF	0.005	0.02

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı	**:**	İlahe İBRAHİMOVA
Uyruğu	**:**	Azeri
Doğum Yeri ve Tarihi	**:**	Az. Gazı-Memmet şehri Azerbeycan \ 04\03\1987
Telefon	**:**	+994554553359
Faks	**:**	+994125662794
E-mail	**:**	ilashka04@gmail.com

EĞİTİM

Derece		**Adı, İlçe, İl**	**Bitirme Yılı**
Lise	:	A.Dadaşov 5 Numaralı Orta Okul - Hacıgabul, Azerbeycan	2004
Üniversite	:	Bakü Devlet Üniversitesi – Bakü, Azerbeycan	2008
Yüksek Lisans	:	Selçuk Üniversitesi – Konya, Türkiye	2013
Doktora	:	-	-

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	**Kurum**	**Görevi**
2008-2009	İklim Değişimleri ve Ozon Merkezi	Uzman
2009-2011	Ekoloji ve Doğal Kaynaklar Bakanlığı	Danışman
2012-	İklim Değişimleri ve Ozon Merkezi	Uzman

UZMANLIK ALANI

YABANCI DİLLER

BELİRTMEK İSTEĞİNİZ DİĞER ÖZELLİKLER

YAYINLAR