



**T.C.
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**BULANIK MANTIK VE YAPAY SİNİR
AĞLARI YÖNTEMLERİ KULLANILARAK
KONYA İL MERKEZİ HAVA KİRLİLİĞİ
MODELLENMESİ**

Fatma KUNT

DOKTORA TEZİ

Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

**Eylül-2014
KONYA
Her Hakkı Saklıdır**

TEZ KABUL VE ONAYI

Fatma KUNT tarafından hazırlanan “Bulanık Mantık ve Yapay Sinir Ağları Yöntemleri Kullanılarak Konya il Merkezi Hava Kirliliği Modellenmesi” adlı tez çalışması 06/11/2014 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından ~~oy çokluğu~~ / oy birliği ile Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı’nda DOKTORA TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

Başkan

Unvanı Adı SOYADI

Danışman

Unvanı Adı SOYADI

Üye

Unvanı Adı SOYADI

Üye

Unvanı Adı SOYADI

Üye

Unvanı Adı SOYADI

İmza

Prof. Dr. Fıncay DÖGEROĞLU

Doç. Dr. Şükrü DURŞUN

Prof. Dr. Ali TOR

Doç. Dr. S.Savaş DURDURAN

Yrd. Doç.Dr. Danyamin GÜÇLÜ

Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr. Aşın GENÇ

FBE Müdürü

Bu tez çalışması Selçuk Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü tarafından 09101051 nolu proje ile desteklenmiştir.

TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.


İmza
Fatma KUNT

Tarih: 30.09.2014

ÖZET

DOKTORA TEZİ

BULANIK MANTIK VE YAPAY SİNİR AĞLARI YÖNTEMLERİ KULLANILARAK KONYA İL MERKEZİ HAVA KİRLİLİĞİ MODELLENMESİ

Fatma KUNT

Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Şükrü DURSUN

2014, 132 Sayfa

Jüri

Prof. Dr. Tuncay DÖĞEROĞLU

Prof. Dr. Ali TOR

Doç. Dr. Şükrü DURSUN

Doç. Dr. S. Savaş DURDURAN

Yrd. Doç. Dr. Dünyamin GÜÇLÜ

Bu çalışmada, Konya ilindeki hava kirliliği seviyesinin tespiti ve insan sağlığına etki edecek konsantrasyonların tahminine yönelik çalışmalar yapılmıştır. Söz konusu amaca yönelik olarak, SO₂ Analizör cihazı ile günlük SO₂ ölçümü ve meteoroloji istasyonu kurularak atmosferik basınç, sıcaklık, rüzgâr hızı, nispi nem ve yağış parametreleri de günlük olarak ölçülmüştür. Ayrıca SO₂ ölçümüne ilave olarak hava kirliliği çalışmalarında pasif örnekleme yöntemi de kullanılmıştır. Dört mevsimi temsil edebilecek şekilde 4 periyot halinde (Mart, Haziran, Ekim ve Ocak aylarında) Konya il merkezi hava kirliliğini yansıtmaya amacıyla 15 farklı okul

seçilerek açık ortam SO_2 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), NO_2 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ve O_3 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ölçümleri gerçekleştirilmiştir. ArcGIS 10.2 software programı yardımıyla 15 okula ait SO_2 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), NO_2 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ve O_3 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) değerleri ve okul konumlarının haritası hazırlanmıştır. Ayrıca bu okullarda ilkokul, ortaokul ve lise öğrencilerinin hava kirliliği bilgi düzeyini ölçmek için kış ve yaz dönemlerinde 2 defa anket uygulaması yapılarak SPSS 16.0 programında değerlendirilmiştir. Matematiksel modellemelerde yaygın olarak tercih edilen Minitab istatistik programı kullanılarak elde edilen SO_2 verileri ile meteorolojik veriler istatistiksel olarak değerlendirilmiştir. Özellikle kirliliğin yoğun olarak yaşandığı kış aylarında, meteorolojik koşullara bağlı olarak hava kirliliğinin önceden tahmin edilerek zamanında tedbir alınması hava kirliliğinin etkisini azaltılmasına önemli derecede katkıda bulunacaktır. Atmosfer uygulamalarında çok yeni ve klasik istatistiksel metotlara kıyasla oldukça başarılı sonuçlar ortaya koyan Yapay Sinir Ağları ve Bulanık Mantık modelleri ile SO_2 ölçüm sonuçları ve meteorolojik veriler kullanılarak modelleme ve tahmin programının hazırlanması amaçlanmıştır. SO_2 Analizörü ölçümü ile SO_2 tahmini için hazırlanan yapay sinir ağı modelinde doğrulama için R değeri 0,93 ve pasif örnekleyicilerle dönemlik ölçümü ile tahmini SO_2 için yapay sinir ağı modelinde ise doğrulama için R değeri 0,66 olarak bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler: Bulanık Mantık, Hava kirliliği, Kükürtdioksit, Pasif örnekleyiciler, Meteoroloji, Modelleme, SPSS, Yapay Sinir Ağları.

ABSTRACT

Ph.D. THESIS

MODELLING OF KONYA CITY CENTRE AIR POLLUTION USING ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS AND FUZZY LOGIC METHODS

Fatma KUNT

**SELÇUK UNIVERSITY, GRADUATE SCHOOL OF SCIENCE,
ENVIRONMENTAL ENGINEERING DEPARTMENT**

Advisor: Assoc. Prof. Şükrü DURSUN

2014, 132 Pages

Jury

Prof. Dr. Tuncay DÖĞEROĞLU

Prof. Dr. Ali TOR

Assoc. Prof. Şükrü DURSUN

Assoc. Prof. S. Savaş DURDURAN

Assist. Prof. Dünyamin GÜÇLÜ

In this study, determination of the air pollution level in Konya city and estimation of impact concentration on human health have been carried out. For this purpose, daily SO₂ concentrations were measured using Infrared SO₂ Analyzer equipment and meteorological station was used for measurement of atmospheric pressure, temperature, wind speed, relative humidity and precipitation parameters on a daily basis. A passive sampling method was used for air pollution investigation, in addition to daily SO₂ measurements. To put forward level of Konya city centre air pollution, measuring SO₂ (µg/m³), NO₂ (µg/m³) and O₃ (µg/m³) levels at 15 school at different side of city centre, four period (March, June, October and January) were selected to represent 4 seasons of year. Air pollution map of Konya city centre via

ArcGIS 10.2 software was presented using sampling schools location coordinates and passive samplers data of 15 schools ambient SO₂ (µg/m³), NO₂ (µg/m³) and O₃ (µg/m³) concentrations. In addition to air pollution measurements, a statistical survey were evaluated in these sampling schools of primary, middle school and high school students to test the knowledge levels of the air pollution problem in winter and summer seasons at twice with the same schools students by using SPSS-16.0 application program. Minitab statistical software which is widely preferred for mathematical modeling, were statistically evaluated using obtained SO₂ and meteorological data. Particularly, pollution intense during the winter months, with depending on meteorological conditions; when the air pollution was predicted, it will contribute significantly time to take measures to reduce the impact of air pollution. A new method, Artificial Neural Networks and Fuzzy Logic models, in atmosphere applications and comparing with classical statistical methods, highly successful results revealed using SO₂ measurements and meteorological data, modeling and preparation of forecasting programs were aimed. Correlation coefficients of R values were 0.93 and 0.66 respectively between daily SO₂ measurement with ANN predicted values, and passive sampler SO₂ measurement with ANN prediction values.

Keywords: Air pollution, Artificial Neural Networks, Fuzzy Logic, Meteorology, Modelling, Passive samplers, Sulphur dioxide, SPSS.

ÖNSÖZ

Bu çalışmayı yöneten, çalışma süresince her türlü bilgi ve yardımıyla hayatımın her aşamasında destek veren danışman hocam Sn. Doç. Dr. Şükrü DURSUN'a, meteorolojik veriler konusunda bilgi ve yardımlarını esirgemeyen Konya Meteoroloji 8. Bölge Müdürlüğü'ne, okullarda ölçüm yapabilme olanağı sağlayan Konya İl Milli Eğitim Müdürlüğü'ne, Konya Büyükşehir Belediyesi'ne, Selçuk Üniversitesi ve Aksaray Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümlerine, Selçuk Üniversitesi BAP koordinatörlüğüne, Pasif Örnekleyicilerin hazırlanması ve ölçüm analizlerinin gerçekleştirilmesi aşamalarında yardımlarından dolayı Prof. Dr. Tuncay DÖĞEROĞLU'na, Arş. Grv. Dr. Özlem ÖZDEN ÜZMEZ'e, tezimin tez izleme komitesinde bulunan değerli hocalarım Prof. Dr. Ali TOR ve Doç. Dr. S. Savaş DURDURAN'a, çalışma süresi boyunca bilimsel katkılarından dolayı, Yrd. Doç. Dr. Yasemin DURDURAN, Yrd. Doç. Dr. Dünyamin GÜÇLÜ, Prof. Dr. Osman TAYLAN hocalarıma, minitab programında yardımcı olan Arif Emrah TOYOĞLU'na, akademisyenlik hayatım boyunca bana hep destek olan sabır gösteren, sevgisiyle moral veren hayat arkadaşım Muhittin KUNT'a, tezim süresince Dr. ünvanı alabilmek için evde çalıştığım günlerde “ödevin ne zaman bitecek artık” diyen ve asıl doğumuyla bana hayattaki en güzel ünvanı ‘anne olmayı’ hediye eden canım oğlum Arda KUNT'a, maddi ve manevi desteğini esirgemeyen her daim yanımda hissettiğim, sevdiğim annem, babam ve kardeşime tüm içtenliğimle çok teşekkür ediyorum.

Fatma KUNT

Eylül - 2014

İÇİNDEKİLER

ÖZET	İV
ÖNSÖZ	VIII
İÇİNDEKİLER	IX
SİMGELER VE KISALTMALAR	XII
1. GİRİŞ	- 1 -
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	- 4 -
2.1. HAVA KİRLİLİĞİ VE KİRLETİCİLER	- 4 -
2.1.1. Hava kirliliği olaylarının genel yapısı ve hava kalitesi kavramı	- 5 -
2.1.2. Hava kirlenmesi olaylarının bileşenleri	- 5 -
2.1.3. Hava kirlenmesinin ölçekleri	- 7 -
2.1.4. Hava kirleticisi kaynaklar	- 8 -
2.1.5. Çeşitli hava kirleticiler	- 8 -
2.1.5.1. Partikül maddeler (PM)	- 9 -
2.1.5.2. Kükürt oksitler (SO ₂)	- 11 -
2.1.5.3. Azot oksitler (NO _x)	- 12 -
2.1.5.4. Karbon monoksit (CO)	- 13 -
2.1.5.5. Diğer kirleticiler	- 13 -
2.1.6. Fotokimyasal sis (Smog)	- 15 -
2.2. PASİF ÖRNEKLEYİCİLER	- 15 -
2.2.1. Hava kalitesi izleme metodolojileri	- 16 -
2.2.1.1. Gaz halindeki kirleticiler için pasif örnekleyiciler	- 16 -
2.2.1.2. Aktif örnekleyiciler	- 17 -
2.2.1.3. Otomatik analizörler	- 17 -
2.2.1.4. Uzaktan algılayıcılar	- 18 -
2.2.1.5. Biyoindikatörler	- 18 -
2.2.2. Pasif örneklem metodolojileri	- 21 -
2.2.2.1. Pasif örnekleyicilerin genel prensipleri	- 21 -
2.2.2.2. Pasif örnekleyicilerin geçerliliğinin onaylanması	- 24 -
2.2.2.3. Sıcaklık, basınç, nem ve güneş ışığının etkileri	- 24 -
2.2.2.4. Rüzgâr hızının etkisi	- 25 -
2.2.2.5. Seçilen kirleticiler için pasif örnekleyiciler	- 26 -
2.2.2.5.1. Azot dioksit	- 26 -
2.2.2.5.2. Karbon monoksit	- 29 -
2.2.2.5.3. Ozon	- 30 -
2.2.2.5.4. Kükürt dioksit	- 30 -
2.2.2.5.5. Hidrokarbonlar	- 32 -
2.3. YAPAY ZEKÂ	- 33 -
2.3.1. Yapay zekâ ve doğal zekâ karşılaştırması	- 34 -
2.3.2. Yapay sinir ağları ve bulanık mantık	- 35 -
2.3.2.1. Bulanık mantık	- 37 -
2.3.2.1.1. Bulanık mantığın avantaj ve dezavantajları	- 40 -
2.3.2.1.1.a. Avantajlar	- 40 -
2.3.2.1.1.b. Eleştiriler	- 41 -
2.3.2.1.1.c. Dezavantajlar	- 41 -
2.3.2.1.2. Bulanık mantığın uygulama alanları	- 42 -

2.3.2.2. Yapay sinir ağıları.....	- 43 -
2.3.2.2.1. YSA'nın tanımı ve tarihçesi.....	- 43 -
2.3.2.2.2. YSA'nın uygulama alanları	- 44 -
2.3.2.2.2.a. Arıza analizi ve tespiti.....	- 45 -
2.3.2.2.2.b. Tıp alanında	- 45 -
2.3.2.2.2.c. Savunma sanayi.....	- 45 -
2.3.2.2.2.ç. Haberleşme	- 45 -
2.3.2.2.2.d. Üretim.....	- 45 -
2.3.2.2.2.e. Otomasyon ve kontrol	- 46 -
2.3.2.2.3. YSA'nın üstünlükleri.....	- 46 -
2.3.2.2.3.a. Doğrusal olmama:	- 46 -
2.3.2.2.3.b. Paralellik:.....	- 47 -
2.3.2.2.3.c. Gerçeklenme kolaylığı:	- 47 -
2.3.2.2.3.ç. Yerel bilgi işleme:	- 47 -
2.3.2.2.3.d. Hata toleransı:	- 47 -
2.3.2.2.3.e. Öğrenebilirlik:.....	- 48 -
2.3.2.2.3.f. Genelleme:	- 48 -
2.3.2.2.3.g. Uyarlanabilirlik:.....	- 49 -
2.3.2.2.3.ğ. Donanım ve hız:.....	- 49 -
2.3.2.2.3.h. Analiz ve tasarım kolaylığı:	- 49 -
2.3.2.2.4. YSA nasıl çalışır?.....	- 49 -
2.3.3. Hava kirliliği modellemesinde pasif örnekleyiciler, ysa ve bulanık mantık uygulamaları ile ilgili önceki çalışmalar	- 50 -
2.4. MİNİTAB VE SPSS PAKET İSTATİSTİK PROGRAMLARI	- 59 -
2.4.1. Minitab Paket İstatistik Programı.....	- 59 -
2.4.2. SPSS Paket İstatistik Programı	- 59 -
3. MATERYAL VE METOT.....	- 61 -
3.1. ÇALIŞMA ALANI.....	- 61 -
3.1.1. Bölgenin topoğrafik özellikleri	- 62 -
3.1.2. Bölgenin iklim özellikleri	- 63 -
3.1.2.1. Rüzgâr.....	- 63 -
3.1.2.2. Basınç	- 64 -
3.1.2.3. Sis	- 65 -
3.1.2.4. Nem	- 65 -
3.1.2.5. Sıcaklık	- 66 -
3.1.2.6. Yağış.....	- 66 -
3.1.3. Bölgenin hava kirliliği kaynakları.....	- 66 -
3.2. VERİ TOPLAMA VE VERİ ANALİZ YÖNTEMLERİ	- 67 -
3.2.1. Ölçüm Prensibi	- 70 -
3.2.1.1. SO ₂ Ultraviyole Florasan.....	- 70 -
3.2.1.2. UV Işık Yolu.....	- 73 -
3.2.1.3. UV Kaynak Lambası.....	- 74 -
3.2.2. Pasif Örnekleyicilerin Yerleştirilmesi	- 75 -
3.2.3. Pasif Örnekleyicilerin hazırlanması ve analizi	- 78 -
3.3. METEOROLOJİK PARAMETRELERİN ÖLÇÜMÜ	- 78 -
3.4. YAPAY ZEKÂ YÖNTEMLERİ İLE MODELLEME	- 80 -
3.4.1. M100E UV florasan SO ₂ analizörü ölçümü ile yapılan SO ₂ sonuçlarıyla hazırlanan yapay sinir ağıları (YSA)	- 80 -
3.4.2. Pasif Örnekleyicilerle ölçülen dönemlik SO ₂ sonuçlarıyla hazırlanan yapay sinir ağıları (YSA).....	- 84 -
4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI	- 88 -
4.1 M100E UV FLORASAN SO ₂ ANALİZÖRÜ ÖLÇÜMÜ İLE SO ₂ TAHMİNİ İÇİN HAZIRLANAN YAPAY SINIR AĞI MODELİ.....	- 88 -
4.2 M100E UV FLORASAN SO ₂ ANALİZÖRÜ ÖLÇÜMÜ İLE SO ₂ TAHMİNİ İÇİN HAZIRLANAN ADAPTE EDİLEBİLİR BİR ANFİS MODELİ (AN ADAPTİVE NEURO-FUZZY MODEL).....	- 89 -
4.3 PASİF ÖRNEKLEYİCİLERLE ÖLÇÜLEN DÖNEMLİK SO ₂ TAHMİNİ İÇİN YAPAY SINIR AĞI MODELİ.....	- 95 -
4.4. PASİF ÖRNEKLEYİCİLERLE ÖLÇÜLEN SO ₂ TAHMİNİ İÇİN ADAPTE EDİLEBİLİR ANFİS MODELİ (AN ADAPTİVE NEURO-FUZZY MODEL)	- 98 -

4.3. GELİŞMİŞ MODELLERİN PERFORMANSLARININ KARŞILAŞTIRILMASI	- 106 -
4.4. SONUÇLAR	- 108 -
4.5. SPSS PROGRAMI İLE ANKET ÇALIŞMASI	- 111 -
4.5.1. Anket sonuçları	- 111 -
4.6 MİNİTAB PAKET PROGRAMI İLE HAZIRLANAN İSTATİKSEL ÇALIŞMA	- 114 -
5. TARTIŞMA	- 117 -
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	- 120 -
7. KAYNAKLAR	- 123 -
EK 1.....	- 131 -
ÖZGEÇMİŞ	- 132 -

SİMGELER VE KISALTMALAR

ABS	: Otomatik fren sistemi
ADNKS	: Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi
ANFIS	: Adaptif Ağ Temelli Bulanık Çıkarım Sistemleri
Ar	: Argon
ARIMA	: Oto Regresif Entegre Hareketli Ortalama
ASC	: Otomatik vites kontrolü
BPMLP	: Geri Yayılımlı çok katmanlı algılayıcılar
BTEX	: Benzene, Toluene, Ethylbenzene, ve Xylenes
CBS	: Coğrafi bilgi sistemi
Cl ₂	: Klor
CO	: Karbon monoksit
CO ₂	: Karbon dioksit
COHb	: Karboksihemoglobin
CS ₂	: Karbon disülfid
ÇKA	: Çok katmanlı ağ
DMSA	: Dimethylsulphanazo III
ECD	: Elektron Yakalama Dedektörü
FID	: Alev İyonizasyon Detektörü
GC	: Gaz Kromatografisi
H ₂ O ₂	: Hidrojen peroksit
HC	: Hidrokarbonlar
HNO ₃	: Nitrik asit

HYSA	: Hücresel Yapay Sinir Ağ
IC	: İyon kromatografi
ICP	: İndüktif Olarak Eşleştirilmiş Plazma
N ₂	: Azot
Na ₂ CO ₃	: Sodyum karbonat
NaNO ₂	: Sodyum nitrit
NEDA	: N-(1-naftil)-etilendiamin di-hidroklorür
NH ₃	: Amonyak
NO	: Azot monoksit
NO ₂	: Azot dioksit
NO ₃ ⁻	: Nitrat
NO _x	: Azot oksitler
O ₂	: Oksijen
O ₃	: Ozon
OCP	: Organik klorlu pestisitler
PAH	: Polinükleer aromatik hidrokarbon
PAN	: Peroksi asetil nitrat
PBzN	: Peroksi benzoil nitrat
PID	: Fotoiyonizasyon
PM	: Partikül Madde
RMSE	: Ortalama karekök hatası
SO ₂	: Kükürt dioksit
SO ₃	: Kükür trioksit
SO ₄ ²⁻	: Sülfat
SOM	: Kendiliğinden Organize Haritası
SO _x	: Kükürt oksitler

SPSS	: Sosyal Bilimler için İstatistik Paketi
TD	: Termal Desorplayıcı
TEA	: Tri-etanol amin
US EPA	: Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı
UV	: Ultra Viyole
VOC	: Uçucu organik karbon
YSA	: Yapay Sinir Ağları

1. GİRİŞ

Dünya nüfusunun hızla artmasına paralel olarak düzensiz şehirleşme ve sanayileşme, birçok çevre sorununu beraberinde getirmiştir. Bu sorunların en önemlilerinden birisi olan hava kirliliği, bazen insan sağlığını tehdit edecek boyutlara ulaşmaktadır. Atmosferik ortam da tıpkı toprak, su ortamı gibi kirlenebilir olduğu gözlenmiştir. Konunun önemini vurgulamak açısından: bir insan günlerce aç-susuz yaşayabileceği halde nefes almadan birkaç dakikadan fazla duramayacağı bir gerçektir. Bu yüzden hava içindeki doğal bileşenlerin korunması yaşam için en kutsal zorunluluktur.

Günümüzde kirleticiler gün geçtikçe artan miktarlarda atmosfere verilmeye devam etmektedir. Bunların bir kısmı atmosferin çeşitli tabakalarında farklı sürelerde birikerek ve daha zararlı şekillere dönüşebilmekte atmosferik olaylar sayesinde diğer bölgelere taşınabilmektedir. Hava kirliliğinin insan sağlığını tehdit eden boyutlara gelmesi ile ilgili çalışmalar artmıştır (Dursun ve Gürü 1995).

Kent atmosferinde yer alan temel hava kirletici bileşenler arasında partikül madde (PM), kükürt dioksit (SO_2), azot oksitler (NO_x) ve uçucu organik bileşikler (UOB) gibi birincil hava kirleticiler ile fotokimyasal reaksiyonlar sonucu oluşan ve ikincil bir kirletici bileşen olan ozon (O_3) yer almaktadır. Söz konusu bileşenler başta insanlar olmak üzere hayvanlar, bitkiler ve cansız varlıklar üzerinde önemli olumsuz etkilere sahip olabilmektedir (Hecq ve ark. 1997, Löublod ve ark. 1997, Ad-Hoc 1999). Özellikle çocuklar ve solunum yolu rahatsızlığına sahip olanlar hava kirliliğine karşı en hassas grubu oluşturmaktadır (Walinder ve ark. 1997, Godwin ve Batterman 2007, Yay ve ark. 2008). Bundan dolayı, bu çalışma kapsamında hava kirliliğinin insan sağlığına etki edecek kirlilik düzeylerini belirlemeye yönelik ölçüm çalışmaları gerçekleştirilmiştir.

Kentsel hava kalitesinin en önemli göstergeleri arasında, hem evsel hem de endüstriyel yakma işlemleri sonucunda açığa çıkan kirleticilerden olan azot oksitler ve kükürt dioksit yer almaktadır. Ayrıca, HKDDY'de (2008) üzerinde özellikle

durulan bir diğerkirletici de ozondur. Özellikle ozon öncülleri olarak nitelendirilen kirletici emisyonlarının yoğun olduğu ve yüksek sıcaklık ve şiddetli güneşlenme olan bölgelerde ozon, hava kalitesinin önemli göstergeleri arasındadır (Yay ve ark. 2008). Bu nedenlerle, bu çalışmada NO₂, SO₂ ve O₃ seviyeleri, coğrafi dağılımlarıyla birlikte incelenecektir.

Kentsel alanlarda hızla artan nüfus, konut sayısı, trafik ve sanayileşme ile ortam havasında çeşitli kirleticilerin seviyeleri artmakta ve hava kalitesi sürekli olarak kötüleşmektedir. Hava kirliliği özellikle ısınma döneminin başlaması ile birlikte artış göstermektedir. Kış aylarında ısınmadan kaynaklanan hava kirliliğinin temel sebepleri; ısınmada düşük vasıflı yakıtların iyileştirme işlemine tabi tutulmadan kullanılması, kömüre uygun yakma sistemlerinin kullanılmaması, kömür kullanımının artması, yakıt fiyatlarındaki politikalar, yanlış yakma tekniklerinin uygulanması ve kullanılan kazanların işletme bakımlarının düzenli yapılmaması olarak sıralanabilir. Hava kalitesi dış ortam ölçümleri ile belirlenmesine rağmen, ölçümlerin pahalı olması ve uzun sürmesi nedeni ile ölçüm nokta sayısı daima sınırlı kalmaktadır. Bu durumda önceden kalibre edilmiş uygun modeller kullanılarak hava kalitesi bilgilerinin çalışma alanında daha yaygın olarak türetilmesi ve hava kirliliği haritalamasının yapılması uygun bir yöntem olmaktadır. Buna göre mevcut durumun tespiti düzenli ölçüm ağı ile gerçekleştirilirken, aynı zamanda emisyon envanterleri kullanılarak çalıştırılan ve bu ölçüm sonuçları ile kalibre edilen hava kalitesi modellerine de ihtiyaç vardır. Böylece daha geniş ölçekte hava kalitesi belirlenebileceği gibi ileriye dönük hava kalitesi çıktıları da yapılabilecektir. Mevcut hava kalitelerinin belirlenmesi için ölçüm ve modellemelerin birlikte yapılması ve çalışmaların bir sistematik dâhilinde organize edilmesi gereklidir.

Hava kirliliği küresel yönü de olmasına rağmen halen büyük ölçüde bölgesel sebeplere dayanmaktadır. Bundan dolayı çözüm önerilerinin de bölgesel ölçekte ele alınması zarureti bulunmaktadır. Genel olarak bir bölgede hava kalitesi, uzun ve kısa vadeli hedeflerin belirlenmesi, bu hedeflerle uyumlu çevre havası ve emisyon standartlarının konulması, ölçüm şebekesi ile kirleticilerin izlenmesi, bir model vasıtasıyla kirletici kaynakla kirlilik arasındaki ilişkinin tahmin edilmesi, modelin

kullanılması ile önleyici stratejilerin belirlenmesi gibi adımları içerir (Alp ve Tunay 1992).

Hava kirliliğinin önlenmesi konusunda yapılacak çalışmalar içerisinde en önemli adımlardan biri kirlenme olayının bir model içerisinde değerlendirilmesidir. Model, bölgesel coğrafik veriler, bölgesel meteorolojik veriler, emisyon kaynaklarının envanterleri ve diğer bölgelerden taşınım giriş bilgilerini kullanarak gözlenen konsantrasyonların ve konsantrasyon alanlarının simülasyonunu, konsantrasyonların zamana göre tahminini yapar. Gözlenen ve tahmin edilen konsantrasyonların istatistiği ve modelin geçerliliği sağlandıktan sonra emisyon kaynaklarının planlanması yapılır. Bu suretle de emisyon kaynaklarına müdahale şekli ortaya çıkarılabilir. Böylece, model tahminlerine dayanan değişik tipteki hava kirleticilerin davranışlarının kontrolü ve de hava kirliliğinin önlenmesi konusunda uygun kararların alınabilmesi mümkün hale gelebilecektir. Hava kalitesi modeli, endüstri ve yerleşim bölgelerinin hava kirliliği sorunlarının çözülmesi için gerekli kontrol seviyelerini değerlendirmek ve tanıtmak üzere kullanılabilecektir.

Hava kirliliği modellemesi ve önceden tahmini yerel yönetimler için önemli bir husustur. Özellikle kirliliğin yoğun olarak yaşanacağı kış aylarında, meteorolojik koşullara bağlı olarak hava kirliliğinin önceden bilinmesi zamanında tedbir alınmasına ve hava kirliliğinden etkilenmeyi en aza indirebilmek üzere önemli katkı sağlayacaktır. Bu noktadan bakıldığında hava kirliliği modellemesi ve önceden tahmini çalışmalarının önemi ortaya çıkmaktadır.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

2.1. Hava Kirliliği ve Kirleticiler

Hava ortamı, yerkürenin etrafını saran atmosfer adlı gaz tabakasından oluşur. Yer çekiminin etkisiyle yer kabuğuna yakın yerlerde atmosferin yoğunluğu ve üstündeki atmosfer yükü dolayısıyla basıncı daha fazladır. Aynı zamanda güneş ışınlarının yer kabuğu ve yoğun olan alt atmosferde daha fazla absorplanıp ısıya dönüştürülmesi nedeniyle, doğal olarak atmosferin alt kısımlarında sıcaklık daha yüksektir. Alt atmosferde sıcaklık yükseklikle belirgin bir hızla azalır. Yükseklik-sıcaklık-yoğunluk-basınç ilişkileri havanın ideal gaz kanunlarına uyum gösterdiği varsayımıyla belirlenebilir (Müezzinoğlu 2000).

Hava kirliliği ve kontrol çalışmalarını yürütmeye yönelik ilk adım atmosferin kompozisyonunu ve yapısını anlamaktır. Atmosfer troposfer, stratosfer, mezosfer ve termosfer olmak üzere 4 ana katmandan oluşmaktadır. Troposferdeki soluduğumuz hava kabaca % 78 azot (N_2), % 21 oksijen (O_2), % 1'i de, argon (Ar), karbondioksit (CO_2) ve çoğu inert olan iz miktarlarda diğer gazlardan oluşmaktadır. Kirlilik kontrolünde en önemli katman, çoğu canlının yaşadığı katman olan troposferdir (Peavy 1985).

Akım özellikleri nedeniyle yerden itibaren 11-20. kilometreler arasında bir yükseklikte yer alan bir sınır tabakasının (tropopoz) altındaki atmosfer tabakası troposfer adını alır. Bunun hemen üstünde 60. kilometrelere kadar bir tabaka olan stratosfer bulunur (Müezzinoğlu 2000).

2.1.1. Hava kirliliği olaylarının genel yapısı ve hava kalitesi kavramı

Hava kirlenmesi, bina dışı açık havada bir veya daha fazla türden kirleticinin insan, bitki ve hayvan yaşamına; ticari veya kişisel eşyalara ve yaşamaktan zevk duyulabilecek bir çevre kalitesine zarar veren miktarda belli bir sürenin üstünde bulunmasıdır. Toz, duman, (yapay) sis, buhar, iri partiküller, gazlar ve (kötü) kokulu maddeler kirleticilere birer örnektir.

Yer kabuğuna yakın atmosfer katında yerdeki doğal veya yapay fiziksel, kimyasal ve biyolojik reaksiyonlardan kaynaklanan nem ve karbondioksitin yanı sıra; daha çok insan etkinlikleriyle ilişkili olan kükürt oksitler, karbon monoksit, azot oksitler, ozon, hidrokarbon buharları ve havada askıda durabilen katı veya sıvı damlacıkları (partikül maddeler ve aerosoller) bulunur. Bu maddelerin havadaki miktarları azot ve oksijen gibi sabit olmayıp zaman ve mekân içinde değişkendir. Havada yalnızca milyonda bir kısım mertebelerinde bulunan bu gibi gaz, sıvı veya katı maddeler yerel koşullara bağlı olarak hava kirlenmesine neden olurlar.

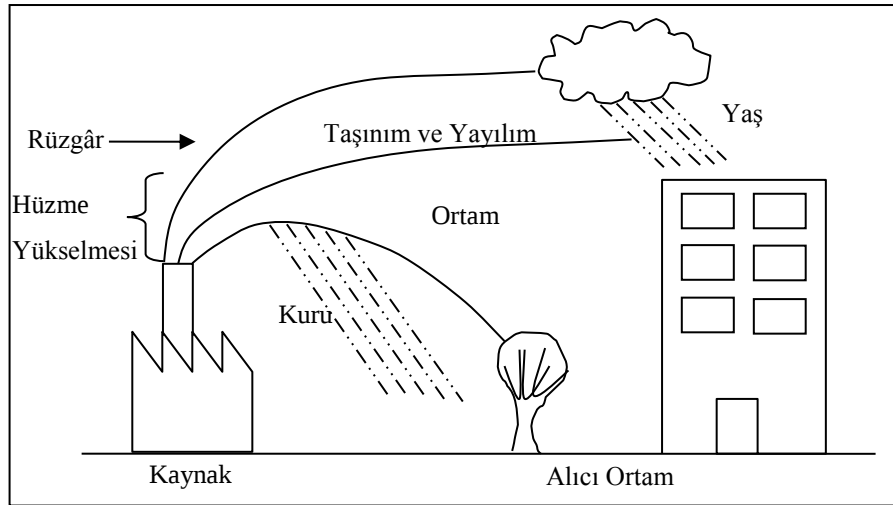
Diğer ortamlardan farklı olarak hava çok hızlı akabilir. Dolayısıyla uygun koşullar altında havaya bırakılan kirletici gaz ve tozların dağılmasıyla kirlenmenin seyreltilerek giderilme şansı vardır. Diğer taraftan kısmen seyrelmiş haldeki kirleticiler bazı durumlarda kütleli hava hareketleri ile ülkeler, hatta kıtalar arasında dolanabilir. Bu nedenle atmosferdeki yarılanma ömrü uzun olan bazı kirleticilerin yarattığı hava kirlenmesinin ulaşım mesafesi de çok uzun olabilmektedir (Müezzinoğlu 2000).

2.1.2. Hava kirlenmesi olaylarının bileşenleri

Kirletici maddelerin havaya karışması ile ortaya çıkan hava kirlenmesinde en az bir kaynak bir taşıyıcı ortam (alt atmosfer) ve bir alıcı bulunur (Şekil 2.1). Bütün bu bileşenlerin aynı ortamda birden fazla sayıda bulunması halinde karmaşık sonuçlar doğar. Alıcı tarafından algılanan dış hava kompozisyonu hava kalitesi olarak bilinir.

Hava kalitesi ile ilgili kriter ve standartlara uyabilmek için kaynak performansı ve ortam koşullarına ilişkin iki ana grup değişkenin mühendislik uygulamalarıyla birleştirilerek düzenlenmesi gereklidir. Bunlardan kaynağın performansına ilişkin olanlar; yakıt türü, yakma teknolojisi ve hava kirliliği önleme cihaz ve teknikleriyle ilgilidir. Endüstri kaynaklarında bacalardan veya çalışma ortamlarından atılan maddeler kalite ve miktarca önem taşırlar.

Ortama ilişkin değişkenler ise duman hüzmelerinin davranışını belirler. Dumanın kütsel davranışı, incelenen yörenin o andaki meteorolojik özelliklerine bağıdır. Ayrıca kirlitici maddelerin dolaylı yoldan iklimsel ve meteorolojik faktörlerle ilgili olan bozunabilirliği, dispersiyon ve taşıyım özellikleri de alıcıya ulaşabilen kirlitici değişimlerini etkiler. Bu nedenlerle alıcı ortamın meteorolojik özellikleri, gerek yörede hava kalitesinin oluşmasında ve gerekse bu kalitenin matematik dağılım formülleri (dispersiyon modeli) yardımıyla belirlenmesinde büyük önem taşır (Müezzinoğlu 2000).



Şekil 2.1. Hava kirleticilerin kaynağından çökmesine kadar dağılımı (Stern ve ark. 1984’de yeniden düzenlenmiştir.)

2.1.3. Hava kirlenmesinin ölçekleri

Hava kirlenmesi, kirleticilerin ulaşması söz konusu olan mesafelere ve etkili olabilme sürelerine göre sınıflandırılır.

Makro Ölçek: Ekvatorda ısınan ve yükselen havanın yerini kutuplardan akan soğuk hava kütlesi alır ve ılıman iklim kuşağında yere yakın katmanlarda kutuplardan ekvatora doğru esen makro ölçekli rüzgârları oluşturur. Bu hava hareketleri dünyanın batı-doğu yönünde kendi etrafında dönme hareketlerinden de etkilenir, örneğin kuzey yarıkürede hafifçe sağa doğru (yani kuzeybatıdan güneydoğuya doğru) eser.

Sinoptik Ölçek: Kıtalararası hava hareketlerinin ölçeğidir. Sabit yüksek ve alçak basınç merkezleri, cephe sistemleri ve buna benzer hareketlerle kirletici taşınması sinoptik ölçekli olaylardır.

Mezo Ölçek: Bölgesel boyutlardaki kara-deniz esintileri, dağ-vadi hava akımları gibi daha yerel hava hareketleri ile taşınan kirleticilerin yarattığı hava kirlenmeleridir. Kent ve sanayi bölgelerinin planlaması, baca tasarımı gibi çalışmalar sırasında mutlaka göz önünde bulundurulması gereken bir ölçektir.

Mikro Ölçek: Yere yakın hava tabakasında meydana gelen hava hareketleriyle ilgili kirlenmenin taşınma ölçeğidir. Örneğin bina çevrelerindeki hava akımları ve çevrintiler, ağaçlık yerlerdeki hava hareketleri vb.

Hava kirlenmesi olaylarını incelerken boyutlarını da göz önünde bulundurmak gereklidir. Aksi halde pratik olmayan sonuçsuz önlemlerle, çok kıymetli olan para ve zaman kaybı ortaya çıkar (Müezzinoğlu 2000, Atlı 2002).

2.1.4. Hava kirletici kaynaklar

Hava kirleticilerin havaya atıldığı yere veya faaliyete kirletici kaynak adı verilmektedir. Kirlilik kaynağı; orman yangını, volkan püskürmesi vb. doğal kaynaklar veya evsel ısınma aracı, sanayi kuruluşu, taşıt gibi yapay kaynaklar şeklinde olabilir. Hava kirleticiler atmosfere ulaşır, önceleri bir duman hüzmesi ya da bulutu şeklinde taşınırken, bir taraftan da seyreterek, çökerek veya atmosferde reaksiyona uğrayarak uzaklaşarak kaybolurlar. Bu mekanizmalar kaynağın kirleticileri üretme fonksiyonuna zıt bir tüketim alanı oluşturdukları için rezervuar (sink) olarak tanımlanırlar. Rezervuar olarak toprak, yeşil bitki örtüsü, yüzeysel sular ve atmosferdeki fotokimyasal reaksiyonlar, yağışla yıkanarak veya kuru kuruya çökerek toprağa inme (depozisyon) sayılabilir. Bir kirletici maddenin kaynaktan yayınlandığı andan havada yok oluncaya kadar geçen sürenin en iyi ölçüsü kirleticinin yarılanma ömrüdür. En sık rastlanan hava kirleticilerin saat veya gün mertebesinde yarılanma ömrüne sahip oldukları bilinmektedir. Bu da bize bu maddelerin atmosferde oldukça hızlı ve etkin uzaklaştırma mekanizmalarına sahip olduklarını göstermektedir (Müezzinoğlu 2000, Atlı 2002).

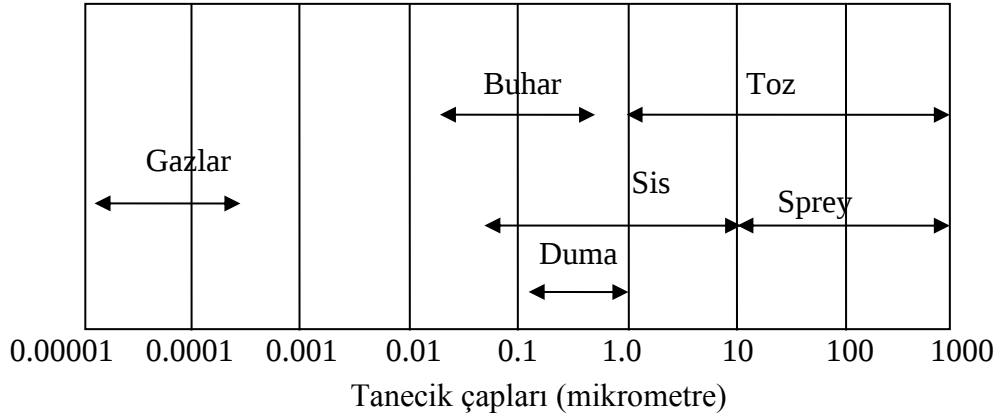
2.1.5. Çeşitli hava kirleticiler

Sıklıkla karşılaştığımız hava kirleticileri genel bir sıralamayla askıda partikül maddeler (tozlar ve aerosoller), kükürt oksitler, organik maddeler, azot oksitler, karbon monoksit, halojenler, radyoaktif maddeler şeklinde sayabiliriz. Sayılan bu kirletici maddelerin bazıları doğrudan doğruya kirletici kaynaktan atıldıkları şekilde havada bulunurlar. Bunlar birincil kirleticilerdir. Diğer bir kısım kirleticiler ise, havaya karışan bu birincil maddelerin, havada mevcut diğer bazı türlerle atmosferde reaksiyona girmesiyle oluşan reaksiyon artıklarıdır. Bunlara da ikincil kirleticiler denir.

2.1.5.1. Partikül maddeler (PM)

Sıvı veya katı taneciklerin gaz ortamda askıda halde durmasıyla oluşan toz veya partikül madde diye adlandırılan kirletici türü, ister doğal isterse yapay kaynaklı olsun; çeşitli iklimsel ve hijyenik etkileriyle önem kazanmaktadır. Bu asılı maddelerin çok ince olup da havada kolloidal süspansiyon oluşturanlarına aerosol denir. Doğal sis ve kirlenmeye bağlı yapay sis (smog) olaylarında aerosoller etkili olmaktadır.

Hava ortamında askıda duran partikül halindeki maddeler, iriliklerine ve yoğunluklarına bağlı olarak ancak belirli bir süre için bu hali sürdürebilirler. Bu sürenin sonunda yere çökerek atmosferden uzaklaşırlar. Havada yüzer halde bulunan bu tanecikler, tane iriliklerine ve kimyasal yapılarına bağlı olarak toz, buhar, sis, duman, sprey gibi çok çeşitli isimler alırlar. Tozlar katı maddelerdir ve doğrudan endüstri veya ısınma tesislerinin atık gazlarıyla havaya atılan kül, kömür, çimento tozları, kum, talaş, toprak gibi maddeler bu sınıfa girer. Buharlar ise kimyasal veya fiziksel reaksiyonlar sonucu havaya bırakılan daha çok metal veya organik madde buharları ile bunların süblime olması sonucu oluşan çok ince sıvı zerrecileridir. Sis yoğunlaşmış maddelerin oluşturduğu ince sıvı damlalarından meydana gelir ve su buharı etkisiyle doğal sis, diğer buharların etkisiyle ise smog şeklinde görülür. Duman, karbonlu maddelerin tam yanmaması sonucu havaya bırakılan katı taneciklerce zengin atık gazların adıdır. Sprey ise bir sıvının basınçlı bir taşıyıcı gaz ile birlikte havaya püskürtülmesiyle oluşan atomize sıvı taneciklerinden meydana gelir. Çeşitli sınıflara giren bu aerosollerin tane irilikleri Şekil 2.2’de görülmektedir.



Şekil 2.2. Aerosollerin tane iriliklerine göre sınıflandırılması (Müezzinoğlu 2000)

Çökeltme eğilimleri yüzünden havada yaklaşık 40 mikrondan daha iri partikül maddeye pek rastlanmaz. Aerosollerin alt sınır ise molekül ölçeği olup Şekil 2.2’de sol tarafta görülen gazlar ayrık moleküllerden ibarettir. Sağlık etkileri açısından 10 mikrondan iri aerosoller burundan, 5 mikrondan iri olanlar ise üst solunum yollarından kolayca geçemediğinden, insan sağlığına doğrudan etkileri önemsizdir. Oysa 3 mikrondan ince olan tozlar aynı nedenle sağlık etkileri en büyük olan kirleticilerdir. Özellikle duman, buhar gibi mikron-altı ölçeklerde olabilen, solunum yollarından geçerek akciğerlerimizin alveol adı verilen keseciklerine kadar girmekte ve olumsuz sağlık etkileri yaratmaktadır (Müezzinoğlu 2000).

Partiküler maddelerin kimyasal yapı ve özellikleri çok değişkendir. Partiküler maddeler organik ve inorganik yapıda olabilir. Hava kirlenmesinde önem taşıyan inorganik bileşenler sülfat, nitrat, kurşun, demir, mangan, çinko ve vanadyum; organik bileşenler ise çeşitli hidrokarbonlar ile fenoller, organik asitler ve alkollerdir. Partiküler maddelerin bir kısmı biyolojik partiküller olarak adlandırılan mikroorganizmalardır (Atlı 2002).

Ortalama gaz molekül büyüklüğü olan 0.0002-0.0003 μm çaptan iri olan ve havada bir süre askıda kalabilen katı veya sıvı her türlü madde partikül sınıfına girer. Tane iriliği 0,1 μm ’den ince olan tozlar, moleküllerin yaptığı serbest Brown hareketlerine benzer hareketler yaparak veya gaz ortamındaki kinetik enerji etkisiyle birbirleriyle çarpışıp yapışma yoluyla büyüyebilirler. Sadece çapı 20 μm ’den iri olan tozlar çökelmeyle durgun havadan etkili bir şekilde ayrılabilirler.

Havanın tozlu olması, yani doğal veya yapay partikül maddelerle dolu olması;

- Görüş mesafesini kısaltır,
- Güneş ışınlarının enerji taşıdığı dalga boylarından etkili olarak gelen enerji akışını değiştirir,
- İnsan, hayvan ve bitki sağlığına olumsuz etki yapar (Müezzinoğlu 2000).

2.1.5.2. Kükürt oksitler (SO_2)

SO_2 'nin havada gaz fazda veya katı partiküller ya da su damlacıkları üzerinde karmaşık reaksiyonlarla oksitlendiği, SO_3 'e dönüştüğü ve bundan sonra da ıslak veya kuru çökelmeyle atmosferden ayrılan sülfatları oluşturduğu belirlenmiştir. SO_x gazları SO_2 eşdeğeri şeklinde ifade edilir.

Havadaki kükürt oksitler (SO_x) içerisinde en önemli pay kükürt dioksit (SO_2) gazına aittir. Kükürtdioksit renksiz bir gaz olup, havadaki 0,3-1 ppm seviyelerde ağızda karakteristik bir tat bırakmakta, 3 ppm'in üstünde ise boğucu bir hisse yol açmaktadır. Atmosferde oldukça hızlı bir oksitlenmeyle kükürt trioksit (SO_3) ve sülfatlara dönüşür. Kükürt trioksit sülfürik asidin anhidriti olup; yağmur veya yoğunlaşmış nem (sis) damlalarıyla birleşerek havada bu asidin damlacıklarının oluşmasına yol açar. Sülfatlar ise çoğunluğu 0,2-0,9 μm çapa sahip katı tanecikler şeklinde olup, görünür ışığın 0,4-0,7 μm olan dalga boyları ile girişim yaparak görüş mesafesini azaltır ve güneş radyasyonunu engelleyerek yerel iklimlerde soğumaya yol açar. Bu yüzden kent atmosferinde SO_2 'nin tipik seviyelerinde, bağıl nemin de % 50'den fazla olduğu günlerde önemli görüş kayıpları ortaya çıkar.

SO_2 'nin solunum yolu rahatsızlıkları yarattığı, özellikle akciğer yetmezliği ve solunum sistemi hastaları için öldürücü olabildiği düşünülmektedir. SO_x grubu gazlar daha çok teknolojik malzemeye ve bitkilere verdikleri zararlar tanınırlar. Metal yüzeylerin korozyonla aşınmasına yol açarlar. Boyanın ömrünü azaltırlar. Ayrıca kireç, mermer ve sıva gibi yapı malzemesini de kısa sürede tahrip ederler. Ama yaptıkları en ciddi etki asit yağışlarıyla bitki örtüsünü ve ormanları tahrip etmeleridir.

Asit yağışı SO_x 'ların yanı sıra NO_x molekülleriyle de meydana gelir ve suyla birleşince şiddetli asit oluşturan gaz kirleticilerin bulutlar içerisinde tutulup, asit damlaları halinde yere inmesine verilen addır. Kirletici olarak havada bulunan SO_x ve NO_x atmosferde sıvı damlacıkları tarafından adsorplanıp oksitlenerek ve daha sonra şiddetli asitler olan sülfürik ve nitrik asit damlacıklarına dönüşerek şiddetli asidik yağışlara yol açmaktadır.

Asit yağışlarının başlıca iki dolaylı kötü etkisi bilinmektedir. Bunlardan biri yere düşen asitli yağış sularının yüzeysel akış sonunda karıştıkları alıcı su ortamında doğal dengeyi bozmalarıdır. Diğer bir zarar ise toprakta ve bitkilerde kendini gösterir. Asidik yağışlarla yıkanan topraktaki besin maddeleri suda daha çok çözünerek suyla birlikte topraktan kaçıp giderler. Toprağın üzerindeki bitki örtüsünde ise doğrudan veya su-toprak ilişkileriyle dolaylı zararlar meydana gelir. Asit yağışları sanat ve kültür yapılarına zarar vermekte, özellikle mermerden yapılan tarihi yapı ve antik eserlerin yıpranmasına neden olmaktadır.

2.1.5.3. Azot oksitler (NO_x)

Azot oksitler (NO_x) havadaki en önemli kirletici gazlardandır. Yanma sürecinde yüksek sıcaklık bölgesinde oluşan NO ile bunun daha ileri oksitlenme ürünü olan NO_2 gazlarının toplamından oluşur. Asit yağışlarına katkılarından başka, fotokimyasal sisin oluşumunda da başlıca etkenlerden sayılırlar. Ayrıca, NO_2 gerek insan sağlığı, gerekse bitki örtüsünde doğrudan zehir etkisi yapan bir gazdır. NO_x gazları NO_2 eşdeğeri ile tanımlanır. Yanma kaynaklı olan bu gazlardan asıl zehirli olanı NO_2 'dir. NO daha çok NO_2 hammaddesi olduğu için önem taşır. Her iki gaz da doğal azot çevriminin birer parçasıdır. Atmosferdeki yarılanma ömürleri düşük olup, normalde dünya atmosferinde 1 ppb'den daha az konsantrasyonda olmaları beklenir. Oysa kentsel atmosferde bu derişimler 40-80 ppb hatta 300-1400 ppb değerlere kadar yükselmektedir.

2.1.5.4. Karbon monoksit (CO)

Karbon monoksit (CO) renksiz, kokusuz ve havanın ortalama mol ağırlığına yakın mol ağırlığında bir gaz olup, hem kaynaklandığı nokta etrafında iyi dağılmayan, hem de renksiz ve kokusuz olması dolayısı ile varlığı fark edilemeyen bir kirleticidir. Atmosferdeki yarılanma ömrü oldukça uzundur.

Karbon monoksitin insan sağlığı üzerindeki etkisi, kanın alyuvarlarındaki hemoglobinin karbon monoksitle tercihi olarak bir kompleks (COHb= karboksi hemoglobin) yapıp, dokulara oksijen iletimini engellemesi şeklinde görülür. Ayrıca karboksi hemoglobinin dokulara ulaşabilen oksijen hemoglobinin kompleksinin hücrelerde oksijeni serbest hale getirebilmesini zorlaştırdığı belirlenmiştir.

2.1.5.5. Diğer kirleticiler

Gaz haldeki hidrokarbonların (HC) yerel boyuttaki doğrudan sağlık etkilerinin yanında, atmosferdeki fotokimyasal reaksiyonlar sonunda oluşturdukları ürünler büyük önem taşır. Atmosferde güneş ışığı etkisiyle ortaya çıkan fotokimyasal reaksiyonların ürünleri bazen bu organik maddelerin kendilerinden de daha etkili ve zararlı olabilmektedir.

Metan ile başlayan bu gruptaki organik maddelerin metan eşdeğeri ile ifade edildiği hafif alkanlardan meydana gelen bir alt grubu mevcuttur. Metan daha çok sera gazı etkisiyle tanınır. Çünkü metan molekülünün de karbondioksit gibi güneş radyasyonunu yutarak ısıya dönüştürme özelliği bulunmakta, üstelik yine onun gibi atmosferdeki derişimi insan eliyle sürekli arttırılmaktadır.

Havadaki hidrokarbon gaz ve buharları genelde uçucu organik karbon (VOC) bileşikleri olarak tanınır. NMVOC veya sadece VOC şeklinde kısaltma ile ifade edilen bileşikler metan dışı tüm organik buhar ve gazları kapsar. VOC'lerde zincir yapısında düz karbon iskeletleri taşıyan (alkil) veya benzen halkaları taşıyan (aril) kökler içeren, doymuş veya doymamış haldeki maddeler ile aldehit, keton veya asit

grupları taşıyabilen organik maddeler yer almaktadır. Bunların bir bölümü örneğin benzen, formaldehit gibi çok yaygın türler havada yüksek derişimlerde bulunduğunda kanser yapar, bir kısmı ise zehirlidir.

Daha büyük moleküller halinde bulunan ve katran, zift gibi sıvı veya katı fazlarda olabilen hidrokarbonlar ise kanser yapıcı oldukları kuşkusıyla üzerinde çok sayıda araştırma yapılan hava kirleticilerdir. Petrol veya kömür kaynaklı olan ve çok sayıdaki benzen halkasını içeren polinükleer aromatik hidrokarbon (PAH) bileşikleri ise, çok az miktarlarda havada bulunsalar bile, kanserojen olmaları sebebiyle önemle üzerinde durulması gerekli bir gruptur.

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.

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.

2.1.6. Fotokimyasal sis (Smog)

Atmosferde insan faaliyetleri sonucu yapay sis oluşumuna smog adı verilir. Kirlenme nedeniyle görüş mesafesinin kısılması, diğer bir deyimle bulanıklık artışı, renkli gazlar ve ince aerosollerin çekirdek görevi üstlenmesiyle yoğunlaşan 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, kirlenme kaynaklarından atmosfere atılan çeşitli kirlenme ajanlarının güneşin morötesi (UV) ışınlarının yardımıyla meydana getirdiği reaksiyonların ürünüdür (Müezzinoğlu 2000).

2.2. Pasif Örnekleyiciler

Kirli hava, binalar, tarihi eserler vb. gibi canlı olmayan varlıkları da etkilemekte ve ekonomik kayıplara neden olmaktadır. Bu nedenle, günümüzde hava kirliliğinin yoğun olduğu bölgelerde hava kalitesi ölçümleri yapılması bir zorunluluk haline gelmiştir. Bu çerçevede temiz hava planları çıkarılmakta, hava kirliliği haritaları oluşturulmakta ve dağılım modelleri yapılmaktadır. Bu bağlamda oluşturulan hava kalitesi ölçümleri doğrultusunda, elde edilen sonuçlardan yola çıkarak, hava kalitesinin iyileştirilmesi yönünde çözüm önerileri daha sağlıklı ve gerçekçi şekilde oluşturulabilmektedir.

Hava kalitesi izleme çalışmaları; kirlilik kaynakları ve dağılımını belirlemek, uygun kontrol stratejilerinin geliştirilmesi ve bu stratejilerin etkinliğini kontrol etmek açısından büyük önem taşımaktadır.

Hava kalitesi izleme metodolojisi; pasif örnekleyiciler, aktif örnekleyiciler, otomatik çevrimiçi analizörler ve uzaktan algılayıcılar olmak üzere 4 jenerik tipte incelenebilir. Beşinci olarak daha az yaygın olan biyoindikatörler sayılabilir.

2.2.1. Hava kalitesi izleme metodolojileri

2.2.1.1. Gaz halindeki kirleticiler için pasif örnekleyiciler

Bu örnekleyiciler genellikle disk veya silindirik tüp şeklindedir. Ölçülecek olan kirletici, seçilen bir kimyasal ortamda absorpsiyon yöntemi ile toplanır. Uygun örneklem süresi boyunca maruz kalmadan sonra, (tipik olarak bir kaç günden bir aya kadar) örnekleyici laboratuvara getirilir ve kirletici miktarı kantitatif olarak belirlenir.

Pasif örneklemin avantajı, kolaylığı ve başlangıçta bir örnekleyici için birkaç dolarlık bir harcama ile çalışmalara başlanabilmesidir. Sonuç olarak, çok sayıda ünite ile kirleticinin mekân içindeki dağılımı konusunda faydalı bilgileri sağlar. Ancak bu teknikle sadece entegre ortalama kirletici konsantrasyonları hakkında bilgi sağlanacaktır. Kolaylığı ve başlangıç yatırımının düşük olması nedeniyle, pek çok uygulama için pasif örneklem tekniği uygundur. Çok sayıda öncelikli kirletici parametreler için teknikler mevcuttur. Bu amaçla NO_2 , SO_2 , NH_3 , VOC ve O_3 ölçümleri için kullanılacak pasif örnekleyicileri bulmak mümkündür veya bazıları henüz gelişme aşamasındadır. Pasif örnekleyiciler, özellikle temel araştırmalar, alan taraması veya indikatif izlemeler için faydalıdır. Aktif örnekleyiciler veya otomatik analizörler ile birlikte kullanıldığında faydalı olabilir. Pasif örnekleyiciler, coğrafik olarak geniş bir alanı kapsayan hava kalitesi verilerini sağlarken, diğer komplike otomatik cihazlar ise günlük değişimleri, konsantrasyon piklerini içine alan zaman ağırlıklı bilgileri sağlar. Difüzyon tüpleri, NO_2 için alan taraması ve şehir çapında izlenen okullarının seçimi gibi amaçlarla geniş çapta kullanılmaktadır (Yeşilyurt ve Akcan 2007).

2.2.1.2. Aktif örnekleyiciler

Bu örnekleyiciler, pasif örnekleyicilerin aksine, hava numunesinin bir pompa aracılığı ile kimyasal veya fiziksel bir ortamdan geçirilebilmesi için elektrik enerjisine ihtiyaç duyarlar. Örneklenen hava hacminin yüksek olması hassasiyeti artırır. Şöyle ki günlük ortalama ölçümler elde edilebilir. Geniş çapta kullanılan aktif örnekleyiciler, SO₂ için asidimetrik yöntem, APM için OECD filtre lekeli yöntemi, toplam veya solunabilir partiküller için US EPA gravimetrik yüksek hacimli (High-Volume) örnekleme yöntemidir. Gaz halindeki kirleticiler için aktif örneklem teknikleri kullanılmaktadır. En iyi bilinen iki örnek NO₂ için Saltzman ve O₃ için NBKI yöntemidir. Ancak bunların çoğunun yerini otomatik analizörler almıştır. İmpregne edilmiş filtre paketleri ve denuder sistemleri, asit gazları veya aerosollerin analizinde kullanılabilir. Aktif örnekleyicilerin bazıları, pasif örnekleyicilerden daha karmaşık ve daha pahalı olmalarına rağmen; işletilmesi daha kolay olup elde edilen sonuçlar güvenilirdir (Yeşilyurt ve Akcan 2007).

2.2.1.3. Otomatik analizörler

Örnekleyicilerin kullanım kolaylığı, düşük maliyeti gibi avantajları olmasına rağmen; saatler bazında veya daha kısa süreli ölçümler için otomatik cihazların kullanım zorunluluğu bulunmaktadır. Bu cihazlar, ölçülen gazın fiziksel ve kimyasal özelliklerinden yararlanarak sürekli tayinlerine olanak sağlarlar. Örneklenen hava, ya gazın optik özelliğine göre doğrudan reaksiyon hücresine girer ya da kimyasal ışıma veya floresans ışığı üreterek kimyasal reaksiyon oluşur. Işık detektörü, ölçülecek kirleticinin konsantrasyonu ile orantılı olarak elektriksel bir sinyal oluşturur. Otomatik cihazların ilk yatırım maliyeti, işletme ve destek masrafları yüksektir. Örnekleyicilere göre daha çok teknik problemler yaşanır. Rutin işletme içinden deneyimli insanların çalışmasını gerektirir. Daha ayrıntılı kalite güvenilirliği yöntemlerine ihtiyaç duyar. Sürekli analizörler, çok fazla sayıda veri üretirler. Çoğunlukla verilerin işlenebilmesi ve analizi için bilgisayar destekli telemetrik sistemlere ihtiyaç duyulur. Öncelikli kentsel hava kirleticileri için güvenilir olan

sürekli analiz teknikleri bulunmaktadır. Ancak oldukça pahalıdır (her bir kirletici için yaklaşık 20.000\$). İşletimlerindeki güçlükler nedeniyle gerekli destek altyapı ve eğitilmiş deneyimli insan gücünün bulunmadığı yerlerde kullanımları çok uygun değildir (Yeşilyurt ve Akcan 2007).

2.2.1.4. Uzaktan algılayıcılar

Otomatik analizörler, bir noktada sadece bir kirletici ölçümüne imkân tanırken uzaktan algılayıcılar belirli bir hat boyunca (normal olarak >100m) çok bileşenli ölçümlerin yapılmasına olanak sağlar. Mobil sistemler kullanılarak, alan içindeki 3-D (DIAL teknikleri ile) kirletici konsantrasyon haritaları oluşturulabilir. Uzaktan algılayıcılar, kaynak yakınındaki araştırmalar ve atmosferdeki dikey ölçümler için faydalıdır (troposferik ve stratosferik ozon dağılımı). Ancak, mevcut ticari gelişim içinde, bu cihazlar hem çok pahalı (>200.000 \$) ve de çok karmaşıktır. Ayrıca verilerin geçerliliği, kalite güvenilirliği ve kalibrasyonu konusunda ciddi zorluklar yaşanabilir. Bu sistemleri başarılı bir şekilde işletmek ve güvenilir veri üretmek için çok dikkatli bir kalite kontrol programına ve deneyimli insan gücüne ihtiyaç vardır (Yeşilyurt ve Akcan 2007).

2.2.1.5. Biyoindikatörler

Hava kalitesi de dahil olmak üzere çeşitli çevresel faktörleri belirlemek için, özellikle etkilerin araştırılmasında biyo-indikatörlerin kullanılması gittikçe artan düzeyde ilgi alanına girmiş bulunmaktadır. "Biyoizleme" terimi (genel olarak hava için uygulanır ve bitkileri kullanır) çok farklı düzeylerde farklı örneklem ve analiz yaklaşımlarını kapsar. Yöntemler ise;

a. Kirleticiler için alıcı ortam olarak bitki yüzeyini kullanmak (kurşun için maydanoz, PAH için yosun). Aslında bitkinin kendisi bir örnekleyicidir, klasik yöntemler ile laboratuvarında toplanarak analiz edilmelidir;

b. Kirleticilerin veya metabolitlerinin bitki dokusunda birikimi için bitki yeteneğini kullanmak (toplam sülfür için ladin iğne yaprakları, florür, sülfür ve belli ağır metaller için çimen yetiştirilmesi). Yine bitki dokusu toplanmalı ve klasik yöntemler ile analizi yapılmalıdır.

c. Kirleticilerin bitki metabolizması ve genetik bilgileri üzerindeki etkilerinin belirlenmesi (ozon için ladin kloroplastları). Toplama ve analizi yüksek teknikleri gerektirir.

ç. Kirleticilerin bitki görsel görüntüsü üzerindeki etkilerinin belirlenmesi (ozon için nikotin, SO₂ için likenler). Değerlendirme, sahada uzmanlar tarafından yapılabilir ve analize gerek yoktur.

d. Toplam hava kalitesinin bir göstergesi olarak özel bitki dağılımını analiz etmek(hava kirliliğinin toplam fototoksik etkisini belirlemek için likenlerin tipi ve dağılımı). Değerlendirme sahada uzmanlar tarafından yapılır. Analize gerek yoktur.

Biyoidikatör yöntemleri için bazı rehberler geliştirilmesine rağmen, bu tekniklerin standardizasyonu ve harmonizasyonunda çözülememiş olan çok sayıda problem bulunmaktadır. Farklı bölgelerde kullanılabilecek bitki tipleri sınırlıdır. Mevcut bilgilere göre, geniş çapta farklılık gösteren yerlerde biyoidikatörlerin kullanımını sağlamak için anlamlı kalite kontrol prosedürlerini geliştirmek çok zordur.

Bu teknikler, belli yerlerde yararlı olabilir, özellikle ekosistem izleme çalışmalarında ve bölgesel seviyede faydalı bilgiler sağlayabilir. Kirleticiler konsantrasyonlarının birincil öneme sahip olmadığı yerlerde etkilerin belirlenmesinde bir rol oynayabilirler. Bazı uygulamalarda, örneğin, bitkiler üzerindeki etkileri esas alan ozon ölçümlerinde, göreceli olarak hızlı tedbir sağlayabilir. Farklı tekniklerin avantaj ve dezavantajları Tablo 2.1’de özetlenmiştir.

Tablo 2.1 Hava Kirliliği İzleme Teknikleri Karşılaştırılması (Kaya ve Öztürk 2013)

YÖNTEM	AVANTAJLAR	DEZAVANTAJLAR
Pasif örnekleyiciler	- Maliyeti çok düşüktür. - Yapısı çok basittir. - Tarama ve ilk başlangıç çalışmaları için kullanışlıdır.	- Bazı kirleticiler için etkinliği kanıtlanmıştır. - Genel olarak sadece aylık ve haftalık ortalamaları sağlar.
Aktif örnekleyiciler	- Maliyeti düşüktür. - İşletilmesi kolaydır. - İşletme ve etkinliği güvenilirdir. - Tarihsel veri seti vardır.	- Günlük ortalamaları sağlar. - Laboratuvarda analiz gereklidir.
Otomatik analizörler	- Etkinliği kanıtlanmıştır. - Kapasitesi yüksektir. - Saatlik veri alınır. - Online bilgi temini sağlanır.	- Yapısı karmaşıktır. - Pahalıdır. - Yüksek tecrübe gerektirir. - Yüksek işletme maliyeti bulunur.
Uzaktan algılama cihazları	- Bir hat boyunca veri temini sağlanır. - Kaynakların yakın çevresi ve atmosferde dikey ölçümler için kullanışlıdır. - Çok bileşenli ölçümlerin yapılmasına olanak sağlar.	- Çok karmaşık ve pahalıdır. - Desteklemek, işletmek, kalibre etmek ve geçerliliğini onaylamak zordur. - Geleneksel analizörler ile her zaman karşılaştırabilir sonuçları vermez.
Biyoundikatörler	Geniş alanlara uygulanabilir.	Standart yöntemler değildir.

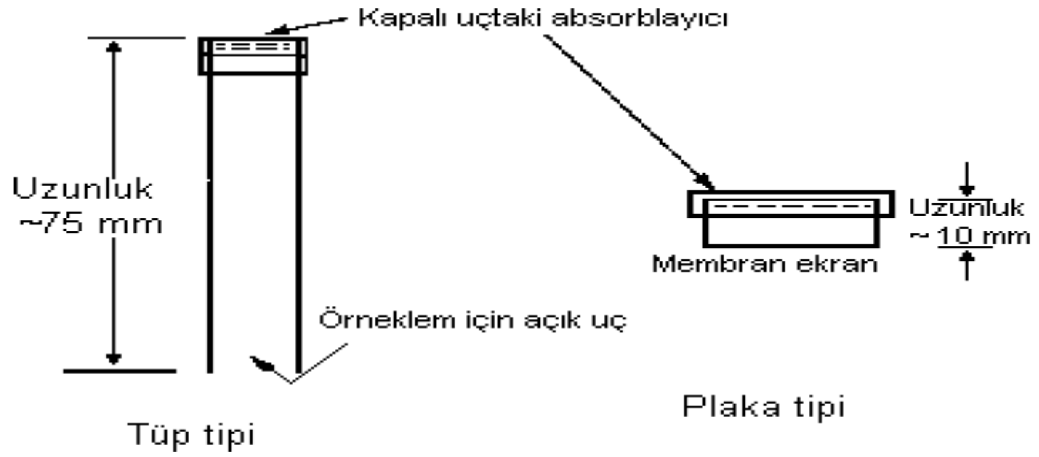
Veri kalitesi amaçları, teknoloji seçiminde son araçtır. İkincil olarak, örneğin, yerel ekonomik zorlamalar ve deneyimli insan gücünün bulunabilirlik durumunu içerir. Belirli izleme amacını karşılayabilecek, en ucuz ve en basit teknolojilerin seçimi tavsiye edilmektedir. Temel izleme çalışmaları; mekânsal tarama, ölçüm yeri seçim işlemleri, aktif ve pasif örneklem yöntemleri ile gerçekleştirilebilir. Otomatik cihazlar, gerek maliyet gerekse işletim olarak oldukça pahalıya mal olmaktadır. Normal olarak, ölçümlerin (5-10 yıl) uzun vadeli yapılması planlandığı takdirde düşünülmelidir. Uzaktan algılama cihazları, belirli bir yol boyunca çok bileşenli ölçümlerin yapılması için kullanılmaktadır. Ancak hâlihazırda bu cihazlar çok pahalı ve karmaşık olup sadece özel durumlar için düşünülebilir (Yeşilyurt ve Akcan 2007).

2.2.2. Pasif örneklem metodolojileri

Çeşitli gazlar için kullanılan pasif örnekleyiciler; gaz veya buhar halindeki kirletici numunelerini, atmosferde statik bir tabaka içinden difüzyon veya bir membran içinden permeasyon gibi fiziksel bir işlemle, atmosferden hız kontrollü olarak alabilen cihaz olarak tanımlanır. Ancak burada, havanın örnekleyici içinden aktif bir hareketle geçmesi gerekmez. Modern pasif örnekleme yöntemleri; kurşun peroksit mumu yöntemi, Liesegang yöntemi veya Fukui yöntemi gibi difüzyon yolu olmaksızın doğrudan havaya maruz bırakılan absorblama yüzeylerini içeren daha önce kullanılan pasif örnekleme yöntemlerinden ayrılmalıdır. Bu ölçüm sonuçları, meteorolojik koşullara kuvvetle bağlıdır. Modern anlamda difüzyon tipi pasif örnekleyiciler, Palmes ve Gunnison tarafından; permeasyon / difüzyon tipi örnekleyiciler ise Reiszner ve West tarafından geliştirilmiştir (Yeşilyurt ve Akcan 2007).

2.2.2.1. Pasif örnekleyicilerin genel prensipleri

Pasif örnekleyiciler genel olarak, bir ucu açık tüp tipli (Palmes tüpü olarak adlandırılır) veya açık ucu membran filtre veya bir rüzgâr siperi ile korunmuş daha kısa plaka tipi bir yapıdadır (Şekil 2.3). Diğer taraftaki kapalı uçta ise çeşitli gazların izlenebilmesi için uygun bir absorblayıcı bulunur.



Şekil 2.3 Tüp ve plaka tipi örnekleyiciler

Difüzyon tipi örnekleyicilerin temel prensibi; gaz moleküllerinin, yüksek konsantrasyon bölgesinden (örnekleyicinin açık ucu), düşük konsantrasyon bölgesine (örnekleyicinin sonundaki absorblayıcı) difüze olmasıdır. Gaz moleküllerinin hareketi, Fick kanunları ile düzenlenmiştir. (1), (2). Akış, konsantrasyon değişimi ile orantılıdır.

$$J = - D_{12} \frac{dc}{dz} \quad (1)$$

Burada,

J = z yönünde birim alanda (1) den (2) ye geçen gaz akışı ($\mu\text{g}/\text{m}^2\text{s}$)

c = gaz(2) deki gaz(1) konsantrasyonu ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

z = difüzyon yolunun uzunluğu (m)

D_{12} = gaz(2) deki gaz(1) in moleküler difüzyon katsayısı (m^2/s)

Silindirin absorblayıcı yüzeyi alanı a (m^2) ve uzunluk l (m) olduğunda, tüp boyunca t saniyede transfer olan gaz miktarı Q (μg), şu eşitlikle verilmiştir.

$$Q = \frac{D_{12}(C_1 - C_0)at}{l} \quad (2)$$

Burada C_0 ve C_1 tüpün her iki ucundaki gaz konsantrasyonudur. Bir difüzyon tüpünde, gaz (1) konsantrasyonu, tüpün ($C_0 =$ sıfır gibi) bir ucundaki etkili bir absorblayıcı tarafından sıfırda tutulur. Maruziyet boyunca tüpün açık ucundaki gazın (1) ortalama konsantrasyonu C_1 dir. Buradan:

$$C = \frac{Ql}{D_{12}at} \quad (3)$$

İzlenecek gaz için difüzyon katsayısı belirlenmeli veya literatürden temin edilmelidir. Tüpün alanı ve uzunluğu ölçülerek bulunur. Özellikle plaka tipi örnekleyicilere (3) nolu eşitlik doğrudan uygulanamaz, çünkü etkin difüzyon hızı, rüzgâr siperi ile etkilenmektedir ($C_0 > 0$). Bunun yerine, her bir örnekleyici tasarımı için, kontrollü test ortamları kullanılarak veya doğru bir aktif örneklem yöntemiyle karşılaştırılarak ayrı bir ampirik faktör bulunmalıdır. Analit konsantrasyonu aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanır.

$$C = \frac{Ql}{D_e at} \quad (4)$$

Burada $D_e =$ Ampirik difüzyon katsayısıdır (m^2/s).

Pasif örnekleyicilerin, örneklem hızı aşağıda verilen formül kullanılarak hesaplanabilir ve saniyede örneklenen hava ml. olarak ifade edilir.

$$SR = \frac{D_{12}a}{l} \quad (5)$$

Bu pasif örnekleyicilerin örneklem hızlarının, aktif örnekleyicilerle doğrudan karşılaştırılmasını mümkün kılar.

2.2.2.2. Pasif örnekleyicilerin geçerliliğinin onaylanması

Pasif örnekleyiciler, otomatik analizörler ve aktif örnekleyicilerde olduğu gibi, örnek hattından ziyade, doğrudan atmosferde izleme yapar. Yöntemin en büyük avantajı budur. Bir bina veya koruma siperine ihtiyaç duymaz. Örnekleyici; sokaktaki elektrik direği veya yol levhasının uygun bir yerine kolayca tutturulabilir. Bununla birlikte, dışarıya yerleştirildiği için, çevreden gelecek tüm etkilere maruz kalacaktır. Dolayısıyla bu etkilerin, ölçümün doğruluğu üzerindeki etkisi kontrol edilmelidir.

2.2.2.3. Sıcaklık, basınç, nem ve güneş ışığının etkileri

İdeal teorik şartlar altında, sıcaklık ve basıncın difüzyon katsayısı üzerindeki etkileri Palmes ve arkadaşları (1976) tarafından tartışılmıştır (Yeşilyurt ve Akcan 2007). Eğer gaz konsantrasyonu, standart sıcaklık ve basınçta $\mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak ifade edilmişse, basınçtaki farklara bağlı bir etki olmayacak, ancak sadece sıcaklıktan dolayı küçük bir etki söz konusu olacaktır. 25 °C da, örneğin, 5 °C, karışma oranı üzerinde sadece % 0,8'lik bir farka sebep olacaktır. Pratikte, sıcaklıktaki değişimler genel olarak küçüktür ve ılıman iklimlerde ihmal edilebilir. Yüksek örnekleme hızlı örnekleyicilerde, örneğin, plaka tipi gibi örnekleyiciler için, sıcaklık etkisinin üzerinde durulması gerektiğine dair göstergeler vardır. Bazı durumlarda, rölatif olarak absorpsiyon prosesi düşük olduğunda, pasif örnekleyicinin örnekleme hızı, sadece örnekleyici içinden havanın geçişi ile örneklenen gazın difüzyonu ile değil, aynı zamanda, toplama ortamındaki gazın absorpsiyonu ile de tayin edilir. Fick Difüzyon Kanunu'ndan hesaplanan değerle karşılaştırıldığında; örnekleme hızında azalmaya, sıcaklık ve nem etkisinde artışa yol açar. Zira bu faktörler absorpsiyon prosesi üzerinde, difüzyondan çok daha hassastır.

Yarı saydam malzemeden yapılmış örnekleyicilerin cevabında, güneş ışığı yoğunluğundan etkilendiğine dair bazı göstergeler vardır. Bu durum muhtemelen,

absorbsiyon ürünlerinin fotokimyasal bozunmasından ileri gelmektedir. Bu muhtemel etkilerin daha detaylı olarak araştırılmasına ihtiyaç duyulmaktadır.

2.2.2.4. Rüzgâr hızının etkisi

Düşük rüzgâr hızlarında, örnekleyici yüzeyindeki hava, izlenen gazı tüketebilir. Bu da, gaz moleküllerinin moleküler difüzyon ile örnekleyici yüzeyine taşındığı laminar sınır tabakası derinliğinde artışa sebep olur. Rüzgâr hızının artmasıyla tabaka daha inceler. Bu durum, “starvation effect” olarak adlandırılır. “Starvation effect”ten dolayı, örneklenen gazın difüzyon yolunun uzunluğu, örnekleyici uzunluğunun artması ile eşdeğerdir ve böylece sonuçlar, ölçülen konsantrasyonların altında bulunur. 0 m/s. ye yakın hızlarda, örnekleyici tarafından toplanan analit kütleindeki azalma, % 30 kadar yüksek olabilir.

Starvation etkisi, örnekleyicinin dış ortamda serbest sirkülasyonlu bir alana yerleştirilmesiyle ihmal edilebilir. Yüksek örneklem hızına sahip plaka tipi örnekleyiciler, starvation etkisi için daha şüphelidir. Yüksek rüzgâr hızlarında, örnekleyici içindeki türbülans, moleküler difüzyonla oluşan etkin uzunluğun kısılmasına ve sonuçta konsantrasyonların daha yüksek olarak tahmin edilmesine yol açabilir. Prensipte olarak, sadece ucu açık olan örnekleyiciler bu etkiye daha açıktırlar ve bu etki tüplerin uygun bir şekilde tasarlanması ile azaltılabilir. Örneğin; rüzgârın etkisini en aza indirebilmek için, uzunluğun çapa oranı daha fazla olan tüpler kullanılabilir. Bu, örneklem girişinin yavaş olmasına sebep olur. Eğer yüksek toplama hızı gerekiyorsa, açık uçta çok küçük gözenekli membran siper ile rüzgârdan korunmuş kısa geniş plaka tipi tüpler kullanılabilir. Örneklenen gazın etkilenmemesi için inert materyalden yapılmış bir membran seçimine dikkat gösterilmelidir. Rüzgâr yönüne bağlı herhangi bir etkiden kaçınmak için, örnekleyiciler, açık ucu aşağıya gelecek şekilde dikey monte edilmelidir (iki yüzeyli tasarımlar hariç).

2.2.2.5. Seçilen kirleticiler için pasif örnekleyiciler

Farklı gaz kirleticileri için, uygun örnekleyiciler bulunmaktadır. Bunlar Tablo 2.2’de özetlenmiş ve takip eden bölümlerde tartışılmıştır. Pasif örnekleyiciler, diğerlerinin yanı sıra, NH_3 , HNO_3 , Cl_2 , formaldehit ve asetik asit için de geliştirilmiştir.

2.2.2.5.1. Azot dioksit

Azot dioksit için geniş çapta kullanılan pasif örnekleyici, Palmes tüpü olarak adlandırılan ve absorblayıcı olarak tri-etanol amin (TEA) in kullanıldığı difüzyontipi örnekleyicidir. Bu tüpler, kentsel ve kırsal alan ölçüm çalışmalarında yaygın olarak kullanılmaktadır. Paslanmaz çelik gözenekli diskler, tüpün birleştirilmeden önce TEA ve aseton çözeltilerine daldırılarak veya birleştirilmiş tüpün içine bu çözeltiden az miktarda enjekte edilmek suretiyle, absorblayıcı çözelti ile impregne edilir. Bu işlemler yapılırken, atmosferde NO_2 ’den gelebilecek kontaminasyona çok dikkat gösterilmeli, işlemler temiz bir ortamda yapılmalıdır. Tüpün açık ucu kapatılmalı ve maruziyetten önce dikkatli bir şekilde muhafaza edilmelidir.

Tüpler maruziyetten sonra, ortofosforik asit, N-(1-naftil)-etilendiamin dihidroklorür (NEDA) çözeltisi içine sülfanilamid çözeltisi ilave edilerek azoboyasına dönüştürülür ve 540 nm.de spektrofotometrede analiz edilir. Spektrofotometre, standart nitrit çözeltilerine karşı kalibre edilir ve toplam NO_2 , nitrit (NO_2^-) olarak tayin edilir.

NO_2 difüzyon tüpleri alt deteksiyon limitinin yaklaşık 200 ppb h olduğu belirlenmiştir. Bu da kentsel alan ölçümleri için yeterlidir. Dış ortam rüzgâr şartlarından ve çevre sıcaklığından etkilenmez. Atkins ve diğer araştırmacılar tarafından yapılan çalışmalarda, difüzyon tüpleri ve kimyasal ışıma (chemiluminescence) prensipli monitörlerin birbirleriyle uyumlu olduğu bulunmuştur. Ancak son çalışmalar; difüzyon tüp örnekleyicilerle, kimyasal ışıma prensipli monitörler arasında, uzun dönemlerde ve ölçüm noktalarında sistematik

farklılıklar görülmüş ve difüzyon tüplerinin NO₂ konsantrasyonlarını daha yüksek olarak tahmin edebileceği bulunmuştur. Bu durum, tüp üzerindeki rüzgâr türbülansı ile ilişkilendirilmiştir. Ancak uyuşmazlık sebebi henüz kesin olarak açıklanamamıştır.

Tablo 2.2 Farklı Kirleticiler için pasif örneklem metodolojileri¹

Kirletici	Reagent	Reaksiyon Ürünü	Analiz	Açıklama	Referans
NO ₂	Trietanolamin(TEA) NaI+Na ₂ CO ₃	Nitrit Nitrit	İyon Kromatografisi(IC) veya Spektrofotometri	IC çok pahalıdır ancak ayrıca sülfatı da ölçer	Palmer(1976), Mulik(1977), Ferm(1998)
NO	CrO ₃ (oksidasyon), TEA	Nitrit	Spektrofotometri	Oksidasyon maddesi zehirli ve kararsız	Yanigisawa ve Nishimura (1986)
CO	Tenax		Metana dönüştürdükten sonra GC-FID termal bozulma		Lee ve ark. (1992)
O ₃	1,2-di-(4 pyridyl)-ethylene (DPE) Çivit Kırmızısı NaNO ₂ +Na ₂ CO ₃ +gliserin KI (pH 9'a tampon)	Aldehit Nitrat İyot Kompleksi	Spektrofotometri Reflektans İyon Kromatografisi(IC) veya Spektrofotometri Spektrofotometri	Reaksiyon ışığa hassas	Monn ve Hangartner (1990) Grosjean ve Hishan (1992) Koutrakis ve ark (1990), Liu (1993)
SO ₂	TCM-West-Gaeke TEA (+glükol) KOH (+gliserol) Na ₂ CO ₃ (+gliserin) TEA + Na ₂ CO ₃	Sülfid Sülfid Sülfat (H ₂ O ₂ eklenir) Sülfat	Spektrofotometri(pararosanilin) Spektrofotometri(pararosanilin) Spektrofotometri (baryum iyonları+DMSA) İyon Kromatografisi İyon değişiminden sonra Thorin yöntemi	Numune kararsızlığı, atık problemleri IC tercih edilir	Reiszner ve West (1973) Hangartner (1989) Ferm (1991)
NMVOC ^{2,3}	Tenax GC (sorbent) Porapak Aktif Karbon	Kimyasal reaksiyon yok	Termal bozunma GC-ECD, GC-PID Termal bozunma GC-FID Solvent bozunması ⁴ GC-FID, ECD		Palazzolo ve ark. (1985) Cao ve Hewitt (1993)

¹ Kurşun peroksit gibi daha önce uygulanan pasif teknikleri içermemektedir.

² NMVOC için ampirik geçerliliğe ihtiyaç vardır.

³ NMVOC ve CO yöntemleri için laboratuvar kalibrasyonuna ihtiyaç vardır.

⁴Sadece özel bir çeşit aktif karbon (carbosieve) termal olarak desorpsiyon olabilir. Bundan dolayı solvent desorpsiyonu daha yaygındır.

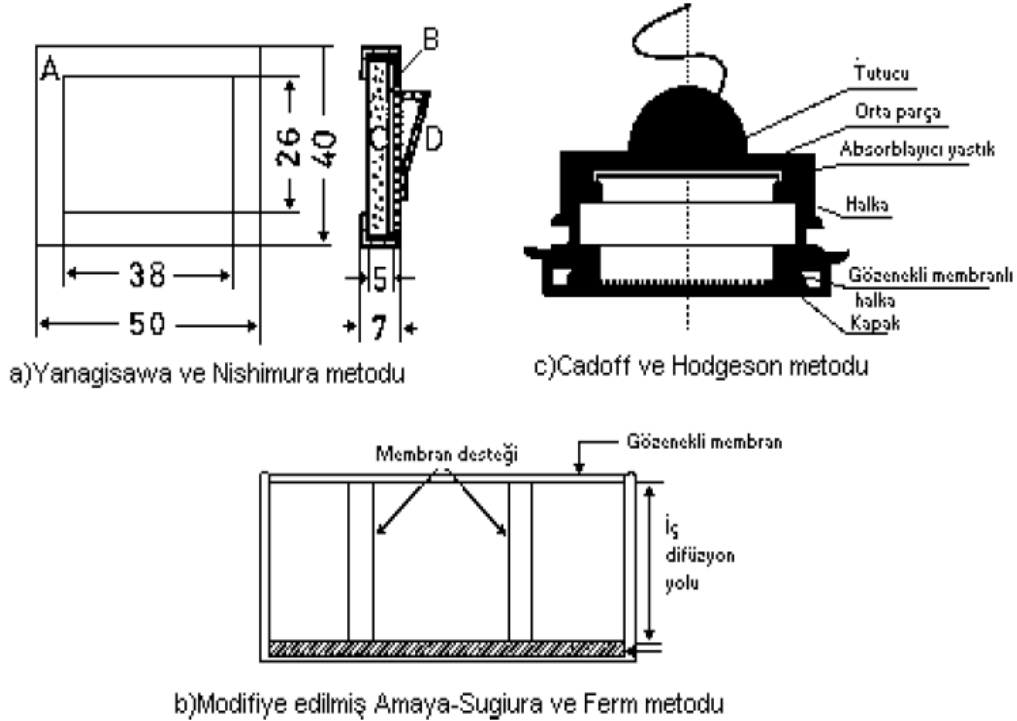
ECD: Electron Capture Detection; FID: Flame Ionization Detector; GC: Gas Chromatography; PID: Photo Ionization Detector.

Difüzyon tüpleri, konsantrasyonu çok düşük olan kırsal alan ölçümleri için dikkatli bir şekilde kullanılabilir. Bazı çalışmalar, stoklanmış tüplerin blank değerlerinin yükseldiğini göstermiştir. Bundan dolayı, hassas ölçümler için, stoklama süresi olabildiğince kısa tutulmalı ve bu amaçla buzdolabı kullanılmalıdır. İlave olarak, çok düşük konsantrasyona maruziyetten sonra numune analizinin hassasiyetini artırmak için, iyon kromatograf kullanılmalıdır.

NO₂ tayini için, Palmes tüpü yöntemine ilave olarak, en az beş plaka tipi pasif örneklem yöntemi daha geliştirilmiştir.

1. Yanagisawa ve Nishimura Yöntemi,
2. Modifiye Edilmiş Amaya-Sugiura Yöntemi,
3. Cadoff ve Hodgeson Yöntemi,
4. Lewis ve Mulik Yöntemi,
5. Ferm Yöntemi.

Bu yöntemlerde kullanılan pasif örnekleyiciler, Şekil 2.3'de gösterilmiştir. Yüksek örneklem hızlı plaka tipi örnekleyicilerin dedeksiyon limiti difüzyon tüplerinden daha düşüktür. Genellikle, Palmes tüplerinin en kısa maruziyet süresi bir hafta iken plaka tip örnekleyiciler 24 saat veya daha kısa süreli olabilir. Bu da ölçülen NO₂ konsantrasyonlarının, doğrudan Dünya Sağlık Örgütü'nün 24 saatlik rehber değerleri ile karşılaştırma imkanını sağlar. Kişisel monitörler için bu bir avantajdır. Ancak, çevre havasında rutin olarak günlük konsantrasyonları ölçmek için kullanılan pasif örnekleyiciler, işçilik ve diğer alt yapı masrafları sebebiyle pratik değildir.



Şekil 2.3 Çevre havasında NO₂ tayini için kullanılan plaka tipi pasif örnekleyiciler

2.2.2.5.2. Karbon monoksit

Son zamanlarda karbon monoksit için, hassas bir pasif örneklem sistemi geliştirilmiştir. Örnekleyicide, Y-tipi zeolit absorblayıcı ve CO'nun optimum şartlarda toplanabilmesi için dar bir difüzyon pasajı kullanılmaktadır. Difüzyon pasajı, 6 mm çaplı katı zeolit absorblayıcı ile tutulan cam tüp içeren 0.32 mm çaplı tapalı silika kapiler kolondan ibarettir. Örneklemekten sonra, toplanan CO ısıtılarak absorblayıcıdan uzaklaştırılır ve bir gaz kromatografte alev iyonizasyon dedektörü ile metana dönüştürüldükten sonra analiz edilir. 30-1600 ppm h aralıklarındaki CO konsantrasyonunun; nispi nem, sıcaklık ve rüzgâr hızı gibi çevre faktörlerinden etkilenmeden, sağlıklı bir şekilde ölçülebileceği tespit edilmiştir.

2.2.2.5.3. Ozon

Ozon için pasif bir örnekleyici, Monn ve Hangartner tarafından 1990'da geliştirilmiştir (Yeşilyurt ve Akcan 2007). Absorblayıcı olarak ozona maruziyetle aldehite dönüşen, 1,2-di-(4-pyridly)-ethylene kullanılmıştır. Oluşan aldehit, 442 nm'de 3-methyl-2-benzothiazolinone hydrazone hidroklorür ile spektrofotometrede tayin edilir. Ozon tarafından oluşturulan aldehit, stokiometrik değildir, dolayısıyla örnekleyicilerin bağımsız ozon izleme tekniklerine karşı kalibre edilmesi gerekir. Ozona maruziyet ile rengi solan, çivit kırmızısı esaslı yeni tip örnekleyiciler, 1992'de rapor edilmiştir. Bu teknikte, renk değişimi reflektansının anında ölçülmesi ile tayini şeklinde, doğrudan yerinde ölçüm yapılması mümkündür. Ozon örnekleyicisinde, çivit kağıdı kullanılan tekniğin detayları, 1992' de Werner tarafından tartışılmıştır. Nitritin (NO_2^-), nitrata (NO_3^-) yükseltgenmesi ve daha sonra nitratin iyon kromatografide analizi esasına dayalı ozon pasif örnekleyicisi, 1990' da Mulik tarafından rapor edilmiştir. Bu cihaz ile yapılan ozon ölçümleri, ABD' de kırsal alandaki sürekli monitörlerle yapılan ölçümlerle karşılaştırılmıştır. Bu testlerin sonuçları umut verici bulunmuştur.

Diğer bir yöntem, potasyum iyodürün oksidasyonu ile açığa çıkan iyot (ki bu bir komplekstir) ve bunun spektrofotometrede tayin edilmesi şeklindedir. Bu yöntemle elde edilen sonuçların, nem ve sıcaklık değişimlerinden etkilenmediği gösterilmiştir.

2.2.2.5.4. Kükürt dioksit

SO_2 tayini için, Palmes tipi difüzyon tüpleri içinde iki absorblayıcının kullanılması yararlı olmuştur. Hargreaves ve Atkins potasyum hidroksit ve gliserol impregne edilmiş gözenekli diskler kullanmışlardır. Tüplerin maruziyetten sonra, dimethylsulphanazo III (DMSA) kullanılarak mavi baryum DMSA kompleksinin oluşması ve 653 nm'de spektrofotometrede tayin edilmesi esasına dayanır. Kalibrasyon için, potasyum hidroksit içindeki standart sülfat çözeltisi kullanılmıştır.

Raporlar, bu analitik tekniğin, pH ve diğer iyonların mevcudiyetinde çok hassas olduğunu göstermiştir. Bundan dolayı diğer bir alternatif olarak iyon kromatografin göz önüne alınması tavsiye edilmektedir. SO₂ difüzyon tüplerinin geçerlilik onayı, tam anlamıyla tatmin edici bulunmamıştır. Diğer ölçümlerle karşılaştırıldığında, açıklanamayan bazı uyumsuzluklar vardır. Campbell, SO₂ örnekleyicilerinin koruyucu membranla ve membransız olarak, saha ve laboratuvar testlerini gerçekleştirmiştir.

Açık tüplerden elde edilen sonuçlar, UV floresans cihazına oranla, rüzgâr etkisinin de bir sonucu olarak beklenenin üstünde çıkmıştır. Membran korumalı tüplerin sonuçları, rölatif olarak UV floresans cihazına göre beklenenin altında çıkmıştır. Campbell, membran korumalı SO₂ tüplerinin, kullanımdan önce sahada sürekli bir monitörle karşılaştırılarak kalibre edilmesi gerektiği sonucuna varmıştır. Hangartner; Hargreaves ve Atkins ile aynı tasarımlı SO₂ difüzyon tüplerini kullanmıştır. Ancak absorlayıcı olarak triethanolamine (TEA) / glycol karışımını, stabilizatör olarak sülfite ve analiz yöntemi olarak pararosanilin yöntemini kullanmıştır. Ancak, SO₂ difüzyon tüplerinin diğer ölçümlerle uyumu iyi bulunmamıştır. Buna muhtemel sebepler, geri difüzyon, nem, sülfite yükseltgenmesidir.

Hargreaves ve Atkins yöntemi ile ilgili yeni bir çalışma, absorbenti tutan kapak etrafındaki sızıntının, en büyük kontaminasyon kaynağı olduğunu göstermiştir. Difüzyon tüplerinin cidarlarını herhangi bir potasyum hidroksit kontaminasyonundan korumak için dikkat gösterilmelidir. Tüp cidarlarının maruziyet esnasında sülfat partikülleri ile kontamine olması nedeniyle, absorbent impregne edilmiş filtreler tüpün geri kalan kısmından ayrı olarak analiz edilir. Diğer bir yöntem ise, Ferm tarafından 1991'de geliştirilmiştir. Kısaca, SO₂ karbonat impregne edilmiş filtre üzerinde tutulur ve iyon kromatografte sülfat olarak analiz edilir.

2.2.2.5.5. Hidrokarbonlar

İş ortamındaki hidrokarbon maruziyetine yönelik çalışmalar için, pasif örnekleyiciler geliştirilmiştir. Dolayısıyla literatürün çoğu, bu tip uygulamalar ile ilgilidir (örneğin, yaklaşık 1 ppm. konsantrasyonlarda 8-24 saatlik örnekleme süreleri gibi).Organik hidrokarbon örnekleyicilerinde, adsorbent olarak çeşitli hidrokarbon tutucu ortamları kullanılır. Tenax, aktif karbon, Porapak en yaygın olarak kullanılanlardır. Ancak en uygunu, izlenecek hidrokarbon çeşidine, örnekleme süresi ve tahmin edilen konsantrasyon seviyelerine bağlı olarak seçilmelidir. Bu absorblayıcılar, hidrokarbon çeşidinin tutulması için kimyasal reaksiyon ve inorganik örnekleyicilerdeki gibi transformasyondan ziyade, fiziko-kimyasal tutucuları kullanır. Bundan dolayı, absorblayıcının etkinliği %100 farz edilemez ve numune konsantrasyonunun, tüpün sonundaki absorblayıcı da sıfır olmasına gerek yoktur. Basit Fick Kanunu uygulaması mümkün değildir ve hidrokarbon çeşitlerinin her birisinin geçerliliği onaylanmalı ve kullanılan her tutma ortamından emin olunmalıdır. Her bir kombinasyon için giriş hızı ölçülmelidir. Bu genellikle, izlenecek olan hidrokarbon çeşidinin bilinen konsantrasyonlarına maruz bırakılan tüplerle, laboratuvar şartlarında, bir test hücresinde yapılır.

Organik örneklem difüzyon tüplerinde, etkinlikten emin olmak için, rölatif olarak geniş bir absorber hacmi kullanılır. Pek çok tasarımda, absorblayıcı tüpün büyük bir bölümü, sadece kısa bir difüzyon hava aralığı ile doldurulur. Tüp içeriği, tutulmuş hidrokarbon çeşitlerinin termal desorpsiyonu ile bir gaz kromatografında analiz edilir. Sistemi otomatikleştirmek için, çok sayıda otomatik sistem geliştirilmiştir; bunlar pasif örnekleyicileri doğrudan gaz kromatografa yükleyerek analiz edebilirler. Ancak, istenen sınırlı düzeydeki üretici toleranslarından dolayı, bu tüplerin başlangıç harcamaları, inorganik Palmes tipi difüzyon tüplerinden daha yüksektir.

Organik difüzyon izleme sistemi; tüp içerisine hidrokarbon çeşidinin bilinen kütlesinin yüklenmesi ve analiz edilmesi ile kalibre edilir. Bu yöntem, kromatografin gaz standartları ile kalibrasyonuna tercih edilir. Zira desorpsiyon ve analiz birlikte

kalibre edilmektedir. Çok sayıda hidrokarbon çeşidini içermesi, doğru kalibrasyon yapılması ve deneyimli insan gücü ihtiyacının olduğu özellikle not edilmelidir. Ancak numuneler uzaktan alınıp merkezde analiz edildiğinden, diğer difüzyon tüp tekniklerinde olduğu gibi, analizlerin deneyimli az sayıda laboratuvar tarafından yapılması söz konusudur.

Pasif örnekleyicilerin geçerliliği, çok sayıdaki hidrokarbon çeşidi ve 24 saatlik örneklem periyotları için onaylanmıştır. Daha uzun zaman periyotları için, geçerliliği onaylanmış daha az sayıda veri vardır. Çevre havasında, uçucu organik kimyasalların tayini için uygun bir yöntem, Lewis tarafından 1985' te geliştirilmiştir. Kullanılan örnekleyici, sorbent olarak Tenax'ın kullanıldığı NO₂ ölçümü için Mulik tarafından kullanılan örnekleyici ye benzerdir. Uçucu organik bileşikler, termal desorbsiyondan sonra, geniş aralıkta gaz kromatograf ile tayin edilir (Yeşilyurt ve Akcan 2007).

2.3. Yapay Zekâ

Yapay Zekâ (Artificial Intelligence); öğrenme, görme, problem çözme, düşünme, karar verme, yabancı bir dili algılama vb. insanoğlunun davranışlarını gösterebilen sistemlerle ilgilenen bir bilgisayar bilim dalıdır. Yapay Zekânın ana amacı insanların davranışlarının ve sezgisel yeteneklerinin bilgisayar ortamında benzetimidir. Bir programın ya da sistemin zeki ya da akıllı olarak kabul edilebilmesi için, en azından aşağıdaki özelliklerden bazılarını sağlayabilmesi gerekir;

- Karar verme
- Algılama
- Öğrenme
- Problem çözme
- Muhakeme
- Şekil ya da resim tanıma
- Doğal dil anlama

2.3.1. Yapay zekâ ve doğal zekâ karşılaştırması

Yapay zekânın potansiyel değeri ve gelecekteki ufukları, doğal zekâ ile bazı alanlarda karşılaştırılmasıyla daha net bir şekilde algılanabilir.

1. Yapay zekâ daha fazla kalıcıdır.
2. Yapay zekâ kolaylıkla kopyalanabilir ve geniş kitlelere yayımlanabilir.
3. Yapay zekâ doğal zekâdan daha ucuza elde edilebilir.
4. Yapay zekâ bir bilgisayar teknolojisi olarak bütünüyle tutarlı sayılabilir.
5. Yapay zekâ belgelenebilir.
6. Doğal zekâ yaratıcı ve doğurgandır.
7. Doğal zekâ insanlara duyuları yoluyla öğrendiği deneyimleri kullanma ve bunlardan faydalanma yeteneği sağlar.
8. Doğal zekâ avantajlarının en önemlisi, insan muhakeme gücünün, problemleri çözmek için geniş tecrübeleri, karşılaşılan konuya göre hemen kullanma yeteneğidir. Yapay zekâ sistemleri ise sayısal yapılardan oluştuğu için kendilerine sağlanan nispeten dar çözüm yöntemlerini kullanmaya mecbur kalırlar.

Her türlü konuda bilgisayarla beyin ezelden beri kıyaslanır. Ama bir nokta vardır ki; bu koşulda bilgisayar çaresiz kalır: Bilgiyi işleten tüm ekipmanlar, düşünme aktivitesi yerine sadece eldeki verilere göre kararlar alabilirler. Yani bu da bize bilgisayarların risk alamadığını gösterir. Ayrıca bilgisayarlar öğrenme işlevi yaptıkları için sadece girilen veya kaydedilen bilgiler üzerinden işlem yapabilirler. İnsan beyni gibi milyonlarca alternatifi değerlendirirler ancak çevre, ortam, diğer koşulları dikkate almazlar. Aslında bu çoğu zaman dezavantaj gibi görünse de avantajda olabilir. İnsan olarak duygusallığımıza yenilerek birçok konuda hata yapabiliriz. Bu nedenle mühendisler, mimarlar, bilgisayar programcıları ve diğer mesleklerden birçok insan problemleri çözerken algoritmalarından faydalanırlar. Yapay Zekâ Uygulamaları 8 noktada toplanabilir: Bunlar, Uzman Sistemler, Yapay Sinir Ağları, Bulanık Mantık, Genetik Algoritmalar, Tabu Araştırma Algoritmaları, Benzetilmiş Tavlama, Benzetilmiş Su Verme, Vaka Tabanlı Gerekçeleme'dir.

Yapay Zekâ Uygulamaları arasında Yapay sinir ağıları ve Bulanık mantık teknolojileri birbirlerini tamamlayan iki teknolojidir. Sinir ağıları veriden öğrenebilir, fakat sinir ağılarıyla sunulan bilgiyi anlamak zordur. Tersine, bulanık sistemler sözel terimler ve eğer-ise kuralları kullandıkları için kolayca anlaşılabilir ama öğrenme algoritmaları yoktur.

2.3.2. Yapay sinir ağıları ve bulanık mantık

Yapay sinir ağıları, insan beynindeki sinir hücrelerinin (nöron) bilgisayar ortamında matematiksel ve grafiksel bir modellemesidir. Yapay sinir ağlarında kullanılan öğrenme algoritmaları da klasik bilgisayar algoritmalarından farklıdır. Bu algoritmalar insan beyninin sezgisel gücünü içinde taşırlar. Bu sebeple, birçok bilim dalı yapay sinir ağıları ile ilgilenmektedir. Genellikle, yapay sinir ağıları ile oluşturulan modeller istatistiksel veri analizi veya sistem optimizasyonu için kullanılmaktadır. Özellikle regresyon ve diğer klasik yöntemlerin yoğunlukla kullanıldığı tahmin ve sınıflandırma problemlerinde yoğun şekilde tercih edilmektedirler (Warner ve Misra 1996, Yüksek ve ark. 2007).

1980'lerin ortalarından itibaren istatistik bilim adamları yapay sinir ağılarıyla ilgilenmeye başlamışlardır. White (1989) yapay sinir ağlarında kullanılan öğrenme algoritmaları ile klasik istatistiksel yöntemlerdeki matematiksel modellerin birbirine benzerlik gösterdiğini ispatlamıştır. Cheng ve Titterington (1994) bir çalışmalarında istatistiksel açıdan yapay sinir ağılarını incelemişlerdir.

Amaçları istatistikçileri bu konuda bilgilendirmektir. Bu araştırmacılar, yapay sinir ağıları ile istatistiksel yöntemlerin birbirine alternatif gibi gözükmesine rağmen aslında aynı temaların farklı isimler altında işlendiğini, bir nörobilimcinin ne kadar istatistiksel bilgiye ihtiyacı varsa o ölçüde de bir istatistikçinin yapay sinir ağıları bilgisine ihtiyacı olduğunu belirtmektedir. Sarle (1994) birçok yapay sinir ağı modelinin istatistiksel yöntemlere uygunluk gösterdiğini belirtmiştir. Gizli katmansız ileri beslemeli ağlar lineer modellere, bir gizli katmanlı ileri beslemeli ağlar lineer olmayan regresyon modellerine, Hebbian öğrenme temel bileşenler analizine ve Kohonen SOM ağları kümeleme analizine karşılık gelmektedir. Kay ve Titterington

(1999) istatistik ve yapay sinir ağlarının kesişiminde yapılan birçok çalışmayı bir kitap haline getirmişlerdir. Bu çalışmalarda, çok değişkenli istatistikte kullanılan birçok metot yerine yapay sinir ağları kullanılmıştır. Yapay Sinir ağları yaklaşımının klasik istatistiksel yöntemlere göre avantajı, verilerin dağılım varsayımları ile değişkenlerle ilgili varsayımlara gereksinim duymamasıdır. Yapay sinir ağları, bazı değişkenlere ait eksik verileri de tolere etme özelliğine sahiptir. Ancak, yapay sinir ağlarının eğitimleri esnasında ki veri sayısına bağımlılıkları, yani performanslarının veri oranıyla yükselmesi (Warner ve Misra 1996) ve ağ modelinin kurulmasındaki güçlükler dezavantaj olarak görülebilir (Öztemel 2003). Yapay sinir ağlarının istatistiksel uygulamalarına bakıldığında genellikle “Geri Yayılım (Back-Propagation)” ve “SOM (Self-Organizing Maps)” öğrenme algoritmalarının kullanıldığı görülür. Bunlardan ilki, ileri beslemeli çok katmanlı ağ modellerinde, sonraki ise ileri beslemeli tek katmanlı ağ modellerinde kullanılmaktadır. Geri yayılım algoritmasını kullanan ağlar genellikle doğrusal olmayan regresyon problemleri için kullanılmaktadır. Diskriminant analizi gibi bazı sınıflama yöntemleri de regresyon modeli ile ifade edilebilir. Geri yayılım algoritması bir denetimli öğrenme (Supervised Learning) algoritmasıdır. Ağın eğitilmesinde kullanılacak veriler bağımlı ve bağımsız değişkenleri içermelidir. Verilerin bir kısmı ağın eğitimi için bir kısmı da eğitilen ağın testi için kullanılır. Test işleminde bağımsız değişkenlerden oluşan veriler sinir ağına girildiğinde elde edilen değerler eldeki bağımlı değişkenlerle yaklaşık aynı değeri veriyorsa ağ doğru eğitilmiş demektir (Anderson ve ark. 1996).

Genelleştirilmiş delta kuralı olarak da bilinen ve Widrow-Hoff (En küçük Kareler Yöntemi) öğrenme kuralının çok katmanlı ağlar için genelleştirilmesinden oluşturulan “Geri Yayılım Öğrenme Algoritması (Backpropagation) doğası içerisinde temel olarak iki basamak içermektedir. İlk basamak da; giriş verileri giriş katmanları, gizli katmanlar, çıkış katmanları ve tüm bu katmanların arasında var olan bağlantılar aracılığı ile her bir çıkış ünitesi için ağ çıkış değerini hesaplamak üzere ağı yayılır. Hesaplanan bu çıkış değerleri, asıl çıkış değerleri ile karşılaştırılarak her bir çıkış hücresi için hata değeri bulunur. İkinci basamak da ise; bulunan bu hata değerleri ağı ters yönde sunularak gerekli ağırlık değişimleri hesaplanılır.

Çevresel kirlilik modelleri üzerinde (Bonzar ve ark. 1991) gerçekleştirilen ilk uygulamalarından itibaren Yapay Sinir Ağları, hedeflenen amaçlara ulaşılma konusunda güvenilir yöntem olmuştur. Yapay Sinir Ağı modelleri, değişen zaman aralıklarında kirleticiler ve konsantrasyonlarının tahmin edilmesinde çok başarılı sonuçlar vermiştir (Comrie 1997, Gardner ve Dorling 1998, Hadjiiski ve Hopke 2000, Kolehmainen ve ark. 2001). Yapay Sinir Ağlarının performanslarını belirlemek için gerçekleştirilen birçok uygulama sonucunda, klasik istatistiksel yöntemlere göre çok başarılı sonuçlar alındığı sergilenmiştir (Yi ve Prybutok 1996, Gardner ve Dorling 2000, Chalouklakou ve ark. 2003).

Mok ve Tam (1998) yaptıkları çalışmada, var olan veriler üzerinde kısa dönemlerde atmosferdeki SO₂ konsantrasyonunu belirlemek üzere kurulan Yapay sinir ağları algoritmasından elde edilen sonuçların, çok sınırlı veri gruplarından elde edilmesine rağmen çok başarılı modeller ortaya koymuşlardır. Daha sonraki dönemlerde yapılan çalışmalarda ise atmosferik şartların (rüzgâr yönü, hızı, hava sıcaklığı vs.) modellerin başarıları üzerinde önemli etkenler olduğu gözlenmiştir (Mok ve Tam 1998). Atmosfer içerisindeki SO₂ konsantrasyonların tahminleri üzerinde birçok araştırmacı Yapay Sinir Ağları Modellerini başarı ile uygulamışlardır (Boznar ve ark.'ları 1993, Mlakar ve Boznar 1997, Reich ve ark.'ları 1999, Perez 2001, Chelani ve ark.'ları 2002, Yüksek ve ark.'ları 2007).

2.3.2.1. Bulanık mantık

Günlük hayatta rastgele kullandığımız birçok terim genellikle bulanık bir yapıya sahiptir. Bir şeyi tanımlarken, bir olayı açıklarken, komut verirken ve daha birçok durumda kullandığımız sözel veya sayısal ifadeler bulanıklık içerir. Bu terimlere örnek olarak; yaşlı, genç, uzun, kısa, sıcak, soğuk, ılık, bulutlu, parçalı bulutlu, güneşli, hızlı, yavaş, çok, az, biraz, fazla, çok az, çok fazla gibi daha bek çok sözel terim gösterilebilir. Biz insanlar bir olayı anlatıp, bir durum karşısında karar verirken bu tür kesinlik ifade etmeyen terimler kullanırız. Kişinin yaş durumuna göre ona yaşlı, orta yaşlı, genç, çok yaşlı ve çok genç deriz. Yolun kayganlık ve rampa durumuna göre arabanın gaz veya fren pedalına biraz daha yavaş veya biraz daha

hızlı basarız. Çalıştığımız odanın ışığı yetersiz ise onu biraz artırır, yeterinden fazla ise biraz azaltırız. Bütün bunlar insan beyninin belirsiz ve kesinlik içermeyen durumlarda nasıl davrandığına ve olayları nasıl değerlendirip, tanımlayıp, komut verdiğine dair birer örnektir (Altaş 1999).

Bulanık mantığın ve bu mantık kurallarını kullanan bulanık küme teorisinin Lotfi A. Zadeh tarafından geliştirilip 1965 tarihli orijinal makalesinde (Zadeh 1965) yayınlanmasından sonra belirsizlik içeren sistemlerin incelenmesi yeni bir boyut kazanmıştır. 1965 de ortaya atılmasına rağmen, bulanık küme kavramı ancak 1970’li yılların ikinci yarısından sonra kullanılmaya başlanmıştır. Bunda özellikle Zadeh’in 1965 deki ilk makalesinden (Zadeh 1965) daha fazla etkili olan ve bulanık mantığın belirsizlik içeren sistemlere uygulanabilirliğini açıklayan makaleleri (Zadeh 1973, Zadeh 1975) etkili olmuştur. 1980’li yılların ikinci yarısından sonra Japon’ların ürünlerinde bulanık mantığı kullanmalarıyla da hız kazanarak, günümüzdeki doruk noktasına gelmiştir. Artık hemen her alanda bulanık mantık uygulamalarına rastlamak mümkündür.

Bulanık mantık ve karar vermede karar vericiler hangi şartlarda ve boyutlarda karar verirlerse versinler, bir belirsizlik ortamı içinde bu işlevlerini yerine getirmek zorundadırlar. Verilen kararların doğruluğu ise, söz konusu belirsizliğin riske dönüştürülebildiği ölçüde sağlanacaktır. Ancak karar vericiler karar sürecinde klasik bilimsel yaklaşım ve bu yaklaşımın içerdiği yöntemleri kullanıyorlarsa, sonuçta verilen kararlar, iyi – kötü, güzel – çirkin, doğru – yanlış, evet – hayır, siyah – beyaz ya da 0 – 1 gibi yönlü kararlar olacaktır. Oysa gerçek yaşam mutlak ayırım üzerine kurulu değildir. Diğer bir deyişle karar ortamlarında mutlak siyah ve mutlak beyazın yanında binlerce gri tonunun varlığı unutulmamalıdır.

Bu noktada genel anlamda karar süreçlerinde belirsizliğin nasıl öngörüleceği ve nasıl karar süreçlerinin bir parçası haline getirilebileceği yolunda çalışmalar başlamış ve bu çalışmaların sonunda alternatif bilimsel yaklaşım düşüncesi ortaya atılmıştır. Bu süreçteki son nokta ise Loutfi Zadeh’ in Bulanık Mantık Teorisi olmuştur. Klasik mantık ile bulanık mantık arasındaki temel farklılıklar aşağıdaki Tablo 2.3’de gösterilmiştir.

Tablo 2.3 Klasik mantık-bulanık mantık arasındaki temel farklılıklar

Klasik Mantık	Bulanık Mantık
A <u>veya</u> A Değil	A <u>ve</u> A Değil
Kesin	Kısmi
Hepsi veya Hiçbiri	Belirli Derecelerde
0 veya 1	0 ve 1 Arasında Süreklilik
İkili Birimler	Bulanık Birimler

Zadeh'e (1968) göre bulanık mantık çoklu değerliliktir. Klasik mantığın 0 – 1 önermelerine karşılık bulanık mantık, üç veya daha fazla sayıda önerme oluşturur (Güneş 1997).

Bulanık mantığın başlıca özellikleri aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- “doğru” , ”çok doğru” , ”az çok doğru” vb. gibi sözel olarak ifade edilen (linguistik-dilsel-değişkenli) doğruluk derecelerine sahip olması,
- Geçerliliği kesin değil fakat yaklaşık olan çıkarım kurallarına sahip olması,
- Her kavramın bir derecesi olması,
- Her mantıksal sistemin bulanıklaştırılabilmesi,
- Bulanık mantıkta bilginin, bulanık kısıtlara ait değişkenlerin esnekliği veya denkliliğiyle yorumlanması.

Klasik matematiksel yöntemlerle karmaşık sistemleri modellemek ve kontrol etmek zordur, çünkü veriler tam olmalıdır. Bulanık mantık kişiyi bu zorunluluktan kurtarır ve daha niteliksel bir tanımlama olanağı sağlar.

Örnek; Bir kişi için 38,5 yaşında demektense sadece orta yaşlı demek birçok uygulama için yeterli bir veridir. Böylece azımsanamayacak ölçüde bir bilgi indirgenmesi söz konusu olacak ve matematiksel bir tanımlama yerine daha kolay anlaşılabilen niteliksel bir tanımlama yapılabilecektir.

2.3.2.1.1. Bulanık mantığın avantaj ve dezavantajları

Bulanık mantıktan yola çıkılarak kullanılan bulanık denetleyicilerle ilgili başlıca üstünlükler, zayıf noktalar ve eleştiriler aşağıda açıklanmıştır.

2.3.2.1.1.a. Avantajlar

- Günlük hayatta olduğu gibi belirsiz, zamanla değişen, karmaşık, iyi tanımlanmamış sistemlerin denetimine basit çözümler getirir.
- Sistem basit bir matematiksel modelle tanımlanabilen bir sistemse o zaman geleneksel bir denetim yeterli olacaktır. Ama karmaşık bir sisteme geleneksel bir mantık uygulamak hem çok zor hem de yüksek maliyetlidir. Buna karşılık bulanık mantık denetimi geleneksel mantığa göre sistemi daha iyi analiz edebileceği gibi aynı zamanda da ekonomiktir.
- Bulanık mantıkta işaretlerin bir ön işleme tabi tutulmaları ve oldukça geniş bir alana yayılan değerlerin az sayıda üyelik fonksiyonlarına indirgenmeleri nedeni ile bulanık denetim genellikle daha küçük bir yazılımla daha hızlı bir şekilde sonuçlanır.
- Söz edilen az sayıda değerler üzerinde uygulanacak kural sayısı da az olduğundan sonuca ulaşmak daha da çabuklaşacaktır.
- Bu durum geleneksel bilgisayar ortamında böyledir. Özel geliştirilmiş bir donanımla sonuca daha da hızlı ulaşmak olasıdır. Örneğin Sanyo-Fisher firması mühendisleri, video kayıt cihazında kullanmayı düşündükleri mikro bilgisayarın yetersiz kalmasından dolayı, bulanık denetim kullanmaya karar vermişlerdir. Bulanık denetim yazılım boyutlarının daha küçük olmasını sağladığından, dış bellek kullanımına gerek kalmamıştır.
- Bulanık mantık denetiminin sağladığı bir diğer avantaj ise doğrudan kullanıcı girişlerine ve kullanıcının deneyimlerinden yararlanabilmesine olanak sağlamasıdır.
- Bilindiği gibi otomatik vites değişimi motorun belli hızlara ulaşması sonucunda otomatik olarak gerçekleşir. Buna karşılık manuel vitesli bir arabada ise sürücü,

yol, yük ve kendi araba kullanım tarzına göre belli durumlarda vites değiştirir. Subaru tarafından üretilen justy tipi otomobilde kullanılan aktarım organının değiştirilmesi, bir kayışın konumunun bulanık mantık kullanılarak değiştirilmesi ile sağlanır. Böylece arabanın ivmesi ve performansı sürekli olarak ayarlanır hale gelir. Subaru, bu otomobilde kullandığı bulanık mantık üyelik fonksiyonlarını, otomobili test şoförlerine kullandırarak ve onlardan ivme ve performans açısından en iyi aktarım oranını öğrenerek ayarlamıştır. Bu konuda Honda ve Nissan da benzer çalışmalar yapmışlardır.

2.3.2.1.1.b. Eleştiriler

Bulanık denetleyicilere yönelik çeşitli eleştiriler de getirilmiştir. Bunlardan birkaçı aşağıda sıralanmıştır:

- Bulanık mantık denetleyicilerinin süreç hakkında daha fazla bilgiye ve algılayıcıya ihtiyaç duyması, dolayısıyla hem pahalı hem de daha az güvenilir olması,
Bu her zaman doğru değildir. Örnek vermek gerekirse Mitsubishi tarafından üretilen klimada, geleneksel denetleyiciye göre daha az algılayıcı kullanılmıştır.
- Bulanık mantık denetleyicilerinin geleneksel denetleyicilere kıyasla gösterdiği yüksek performans doğrusal olmayan denetleyici aracılığı ile de sağlanabilir:
Bu doğru olabilir ama büyük bir ihtimalle doğrusal olmayan denetleyici, bulanık denetleyicide olduğu gibi daha küçük kapasiteli bir işlemci ile gerçekleştiremeyecektir.

2.3.2.1.1.c. Dezavantajlar

- Bulanık denetimde kullanılan kurallar deneyime çok bağlıdır.
- Üyelik fonksiyonlarının seçiminde belirli bir yöntem yoktur. En uygun fonksiyon deneme ile bulunur. Bu da oldukça uzun bir zaman alabilir.
- Denetlenen sistemin bir kararlılık analizi yapılamaz ve sistemin nasıl cevap vereceği önceden kestirilemez. Yapılacak tek şey benzetim çalışmasıdır.

2.3.2.1.2. Bulanık mantığın uygulama alanları

Günümüzde hemen hemen her alanda uygulama imkânı bulan bulanık mantık, özellikle sanayi alanında yaygın olarak kullanılmaktadır. Japonlar bulanık mantığı özellikle bulaşık makineleri, çamaşır makineleri, elektrik süpürgeleri, video kameralara uygulamışlardır.

Bulanık mantık uygulamaları ilk olarak çimento sektöründe kullanılmaya başlanmıştır. Bu sektörde kireç taşı ve kil 1000-1400 derece sıcaklıkta reaksiyona girmektedir. Fırın içindeki sıcaklık ve oksijen oranı çimentonun kalitesini doğrudan etkilemektedir. Sadece bu konuda uzman operatörler istenilen limitler dahilinde ürün elde edebilmektedirler. Ama vardiyalı bir sistemle çalışan bu fabrikada çok sayıda operatör vardır ve her operatörün uzmanlıklarının farklı olması nedeniyle farklı niteliklerde ve verimlilikte ürün elde edilmektedir. İstenilen kalitede ürün sadece bu işte yıllardır çalışan uzmanlar tarafından sağlanabilmektedir. Zira çimento üretimi bulanık bir yapıya sahiptir ve süreç kontrolünü bulanık kurallar sağlamaktadır. Örneğin ısıyı 10 derece yükselt veya 5 derece azalt gibi kesin kurallar değil biraz azalt, biraz yükselt gibi bulanık terimlerle ifade edilen kurallarla kontrol edilmektedir. Bir Danimarka firması bu sürecin kontrolü için uzman operatörlerin kullandığı 50-60 pratik kuraldan hareketle bir mikro kontrolör oluşturmuşlar ve sonuç olarak sabit ürün kalitesi ve yakıtta büyük tasarruf elde etmişlerdir.

Daha sonraları bulanık mantık, insansız uçakların kontrolünde, tren frenleme sistemlerinde, ABS (otomatik fren sistemi) ve ASC (otomatik vites kontrolü) kontrolünde kullanılmıştır.

2.3.2.2. Yapay sinir ağıları

2.3.2.2.1. YSA'nın tanımı ve tarihçesi

YSA, beyindeki sinirlerin çalışmasını taklit ederek sistemlere öğrenme, genelleme yapma, hatırlama gibi yetenekler kazandırmayı amaçlayan bilgi işleme sistemidir. İnsan beyninin ve düşünme yeteneğinin taklit edilmesi isteği sanıldığı kadar aksine çok eski zamanlarda var olmuş bir istektir. İnsan beyni ve düşünebilme yeteneğine ilişkin ilk açıklayıcı teori geliştirme denemeleri Antik Yunan düşünürleri olan Plato (İ.Ö. 427-327) ve Aristoteles'e (İ.Ö. 384-322) kadar uzanmaktadır. Daha sonra ise Descartes (1596-1650) insanın düşünme yeteneğiyle ilgilenen 18. yüzyıl düşünürü olmuştur. Beynin üstün özellikleri, bilim adamlarını üzerinde çalışmaya zorlamış ve beynin nörofiziksel yapısından esinlenerek matematiksel modeli çıkarılmaya çalışılmıştır. Beynin bütün davranışlarını modelleyebilmek için fiziksel bileşenlerinin doğru olarak modellenmesi gerektiği düşüncesi ile çeşitli yapay hücre ve ağ modelleri geliştirilmiştir. Böylece, Yapay Sinir Ağları denen günümüz bilgisayarlarının algoritmik hesaplama yöntemlerinden farklı bir bilim alanı ortaya çıkmıştır. Genel anlamda YSA, beynin bir işlevini yerine getirme yöntemini modellemek için tasarlanan bir sistem olarak tanımlanabilir.

Bir YSA, yapay sinir hücrelerinin birbirleri ile çeşitli şekillerde bağlanmasında oluşur. YSA'lar öğrenme algoritmaları ile öğrenme sürecinden geçtikten sonra, bilgiyi toplama, hücreler arasındaki bağlantı ağırlıkları ile bu bilgiyi saklama ve genelleme yeteneğine sahip olurlar. YSA'lar yapılarına göre farklı öğrenme yaklaşımları kullanırlar.

Yapay sinir ağlarının dayandığı ilk hesaplama modelinin temelleri 1940'ların başında araştırmalarına başlayan W.S. McCulloch ve W.A. Pitts'in, 1943 yılında yayınladıkları bir makaleyle atılmış olmuştur. Daha sonra 1954 yılında B.G. Farley ve W.A. Clark tarafından bir ağ içerisinde uyarılara tepki veren, uyarılara adapte olabilen model oluşturulmuştur. 1960 yılı ise ilk neural bilgisayarın ortaya çıkış

yılıdır. 1963 yılında basit modellerin ilk eksiklikleri fark edilmiş, ancak başarılı sonuçların alınması 1970 ve 1980'lerde termodinamikteki teorik yapıların doğrusal olmayan ağların geliştirilmesinde kullanılmasına kadar gecikmiştir. 1985 yapay sinir ağlarının oldukça tanındığı, yoğun araştırmaların başladığı yıl olmuştur (Pankaj ve Wah 1992).

2.3.2.2.2. YSA'nın uygulama alanları

Son yıllarda YSA'ları, özellikle günümüze kadar çözümü güç ve karmaşık olan yada ekonomik olmayan çok farklı alanlardaki problemlerin çözümüne uygulanmış ve genellikle başarılı sonuçlar alınabilmektedir. Yapay sinir ağları aşağıdaki özellikleri gösteren alanlarda kullanıma uygun bir araçtır:

- Çok değişkenli problem uzayı,
- Probleme ilişkin değişkenler arasında karmaşık etkileşim,
- Çözüm uzayının bulunmaması, tek bir çözümün olması veya çok sayıda çözüm bulunması.

YSA'lar insan beyninin fonksiyonel özelliklerine benzer şekilde aşağıdaki konularda başarılı bir şekilde uygulanmaktadır (Öztemel 2003).

- Öğrenme
- İlişkilendirme
- Sınıflandırma
- Genelleme
- Tahmin
- Özellik Belirleme
- Optimizasyon

YSA'ları çok farklı alanlara uygulanabildiğinden bütün uygulama alanlarını burada sıralamak zor olmakla birlikte genel bir sınıflandırma ile YSA'nın uygulama alanları aşağıdaki gibi 6 grup içerisinde toplanabilir.

2.3.2.2.2.a. Arıza analizi ve tespiti

Bir sistemin, cihazın yada elemanın düzenli (doğru) çalışma şeklini öğrenen bir YSA yardımıyla bu sistemlerde meydana gelebilecek arızaların tanımlanma olanağı vardır. Bu amaçla YSA; elektrik makinelerinin, uçakların yada bileşenlerinin, entegre devrelerin vs. arıza analizinde kullanılmıştır.

2.3.2.2.2.b. Tıp alanında

EEG ve ECG gibi tıbbi sinyallerin analizi, beyni ve diğer sistemleri daha iyi anlama, kanserli hücrelerin analizi, protez tasarımı, transplantasyon zamanlarının optimizasyonu ve hastanelerde giderlerin optimizasyonu, retina ve korneayı modelleme, vs. gibi uygulama yeri bulmuştur.

2.3.2.2.2.c. Savunma sanayi

Silahların otomasyonu ve hedef izleme, nesneleri/görüntüleri ayırma ve tanıma, yeni algılayıcı tasarımı ve gürültü önleme vs. gibi alanlara uygulanmıştır.

2.3.2.2.2.ç. Haberleşme

Görüntü ve veri sıkıştırma, otomatik bilgi sunma servisleri, konuşmaların gerçek zamanda çevirisi vs. gibi alanlarda uygulama örnekleri vardır.

2.3.2.2.2.d. Üretim

Üretim sistemlerinin optimizasyonu, ürün analizi ve tasarımı, ürünlerin (entegre, kağıt, kaynak vs.) kalite analizi ve kontrolü, planlama ve yönetim analizi vs. alanlarına uygulanmıştır.

2.3.2.2.2.e. Otomasyon ve kontrol

Uçaklarda otomatik pilot sistemi otomasyonu, ulaşım araçlarında otomatik yol bulma/gösterme, robot sistemlerin kontrolü, doğrusal olmayan sistem modelleme ve kontrolü, elektrikli sürücü sistemlerin kontrolü vs. gibi yaygın bir uygulama yeri bulmuştur.

2.3.2.2.3. YSA'nın üstünlükleri

Yapay sinir ağları modelleri, biyolojik sinir ağlarının çalışma biçimlerinden esinlenerek ortaya çıkarılmıştır. Yapay sinir ağları, biyolojik olmayan yapı taşlarının düzgün bir tasarımla birbirlerine yoğun olarak bağlanmalarından oluşmaktadırlar. Sinir sisteminin modellenmesi için yapılan çalışmalar sonucu oluşturulan yapay sinir ağları, biyolojik sinir sisteminin üstünlüklerine de sahiptir. Bu üstünlükleri şu şekillerde özetleyebilmek mümkündür (Öztemel 2003).

Yapay sinir ağı özellikle doğrusal olmayan sistemlerde öngörüler açısından istatistik tekniklere göre daha kolaylık sağlayan bir özelliğe sahiptir. Bundan dolayı başta işletmecilik ve finans olmak üzere birçok değişik alanlarda kullanım imkânı bulur.

2.3.2.2.3.a. Doğrusal olmama:

YSA'nın temel işlem elemanı olan hücre doğrusal değildir. Dolayısıyla hücrelerin birleşmesinden meydana gelen YSA da doğrusal değildir ve bu özellik bütün ağı yayılmış durumdadır. Bu özelliği ile YSA, doğrusal olmayan karmaşık problemlerin çözümünde en önemli araç olmuştur.

2.3.2.2.3.b. Paralellik:

Alışılmış bilgi işlem yöntemlerinin çoğu seri işlemlerden oluşmaktadır. Bu da hız ve güvenilirlik sorunlarını beraberinde getirmektedir. Seri bir işlem gerçekleşirken herhangi bir birimin yavaş oluşu tüm sistemi doğruca yavaşlatırken, paralel bir sistemde yavaş bir birimin etkisi çok azdır. Nitekim seri bir bilgisayarın bir işlem elemanı beyine göre binlerce kez daha hızlı işlemesine rağmen, beynin toplam işlem hızı seri çalışan bir bilgisayara göre kıyaslanamayacak kadar yüksektir.

2.3.2.2.3.c. Gerçeklenme kolaylığı:

Yapay sinir ağlarında basit işlemler gerçekleyen türden hücrelerden oluşması ve bağlantıların düzgün olması, ağların gerçekleşmesi ki açısından büyük kolaylık olmasını sağlamaktadır.

2.3.2.2.3.ç. Yerel bilgi işleme:

Yapay sinir ağlarında her bir işlem birimi, çözülecek problemin tümü ile ilgilenmek yerine ,sadece problemin gerekli parçası ile ilgilenmektedir ve problemin bir parçası işlemektedir. Hücrelerin çok basit işlem yapmalarına rağmen, sağlanan görev paylaşımı sayesinde, çok karmaşık problemler çözülebilmektedir.

2.3.2.2.3.d. Hata toleransı:

Sayısal bir bilgisayarda, herhangi bir işlem elemanını yerinden almak, onu etkisiz bir makineye dönüştürmektedir. Ancak yapay sinir ağlarında bir elemanda meydana gelebilecek hasar çok büyük önem teşkil etmez. Yapay sinir ağlarının paralel çalışması hız avantajı ile birlikte yüksek hata sağlamaktadır.

Seri bilgi işlem yapan bir sistemde herhangi bir birimin hatalı çalışması, hatta bozulmuş olması tüm sistemin hatalı çalışmasına veya bozulmasına sebep olacaktır.

Paralel bilgi işleme yapan bir sistemde ise, sistemin ayrı ayrı işlem elemanlarında meydana gelecek olan hatalı çalışma veya hasar, sistemin performansında keskin bir düşüşe yol açmadan, performansın sadece hata birimlerinin bir oranınca düşmesine sebep olur. YSA, çok sayıda hücrenin çeşitli şekillerde bağlanmasından oluştuğundan paralel dağılmış bir yapıya sahiptir ve ağına sahip olduğu bilgi, ağıdaki bütün bağlantılar üzerine dağılmış durumdadır. Bu nedenle, eğitilmiş bir YSA'nın bazı bağlantılarının hatta bazı hücrelerinin etkisiz hale gelmesi, ağına doğru bilgi üretmesini önemli ölçüde etkilemez. Bu nedenle, geleneksel yöntemlere göre hatayı tolere etme yetenekleri son derece yüksektir.

2.3.2.2.3.e. Öğrenebilirlik:

Alışılabilmiş veri işleme yöntemlerinin çoğu programlama yolu ile hesaplamaya dayanmaktadır. Bu yöntemler ile tam tanımlı olmayan bu problemin çözümü yapılamaz. Bunun yanında, herhangi bir problemin çözümü için probleme yönelik bir algoritmanın geliştirilmesi gerekmektedir. Yapay sinir ağları problemleri verilen örneklerle çözer. Çözülecek problemler için yapı aynıdır. YSA'nın arzu edilen davranışı gösterebilmesi için amaca uygun olarak ayarlanması gerekir. Bu, hücreler arasında doğru bağlantıların yapılması ve bağlantıların uygun ağırlıklara sahip olması gerektiğini ifade eder. YSA'nın karmaşık yapısı nedeniyle bağlantılar ve ağırlıklar önceden ayarlı olarak verilemez ya da tasarlanamaz. Bu nedenle YSA, istenen davranışı gösterecek şekilde ilgilendiği problemten aldığı eğitim örneklerini kullanarak problemi öğrenmelidir.

2.3.2.2.3.f. Genelleme:

YSA, ilgilendiği problemi öğrendikten sonra eğitim sırasında karşılaşmadığı test örnekleri için de arzu edilen tepkiyi üretebilir. Örneğin, karakter tanıma amacıyla eğitilmiş bir YSA, bozuk karakter girişlerinde de doğru karakterleri verebilir ya da bir sistemin eğitilmiş YSA modeli, eğitim sürecinde verilmeyen giriş sinyalleri için de sistemle aynı davranışı gösterebilir.

2.3.2.2.3.g. Uyarlanabilirlik:

YSA, ilgilendiği problemdeki değişikliklere göre ağırlıklarını ayarlar. Yani, belirli bir problemi çözmek amacıyla eğitilen YSA, problemdeki değişimlere göre tekrar eğitilebilir, değişimler devamlı ise gerçek zamanda da eğitime devam edilebilir. Bu özelliği ile YSA, uyarlamalı örnek tanıma, sinyal işleme, sistem tanılama ve denetim gibi alanlarda etkin olarak kullanılır.

2.3.2.2.3.ğ. Donanım ve hız:

YSA, paralel yapısı nedeniyle büyük ölçekli entegre devre (VLSI) teknolojisi ile gerçekleştirilebilir. Bu özellik, YSA'nın hızlı bilgi işleme yeteneğini artırır ve gerçek zamanlı uygulamalarda arzu edilir.

2.3.2.2.3.h. Analiz ve tasarım kolaylığı:

YSA'nın temel işlem elemanı olan hücrenin yapısı ve modeli, bütün YSA yapılarında yaklaşık aynıdır. Dolayısıyla, YSA'nın farklı uygulama alanlarındaki yapıları da standart yapıdaki bu hücrelerden oluşacaktır. Bu nedenle, farklı uygulama alanlarında kullanılan YSA'ları benzer öğrenme algoritmalarını ve teorilerini paylaşabilirler. Bu özellik, problemlerin YSA ile çözümünde önemli bir kolaylık getirecektir.

2.3.2.2.4. YSA nasıl çalışır?

Sinir ağı ile hesaplamalarda istenilen dönüşüm için, adım adım yürütülen bir yöntem gerekmez. Sinir ağı ilişkilendirmeyi yapan iç kuralları kendi üretir ve bu kuralları, bunların sonuçlarını örneklerle karşılaştırarak düzenler. Deneme ve yanılma ile ağ kendi kendine işi nasıl yapması gerektiğini öğretir. YSA'larda bilgi saklama, verilen eğitim özelliğini kullanarak eğitim örnekleri ile yapılır. Sinirsel

hesaplama, algoritmik programlamaya bir seçenek oluşturan, temel olarak yeni ve farklı bir bilgi işleme olayıdır. Uygulama imkânının olduğu her yerde, tamamen yeni bilgi işleme yetenekleri geliştirebilir. Bu sayede de geliştirme harcamaları ile geliştirme süresi büyük ölçüde azalır. Bir yapay sinir ağı girdi setindeki değişiklikleri değerlendirerek öğrenir ve buna bir çıktı üretir. Öğrenme işlemi benzer girdi setleri için aynı çıktıyı üretecek bir öğrenme algoritması ile gerçekleşir. Öğrenme setindeki girdilerin istatistiksel özelliklerinin çıkarılarak benzer girdilerin gruplandırılmasını sağlayan bir işlemdir (Dengiz 2000).

Sinir yapılarına benzetilerek bulunan ağların eğitimi de, normal bir canlının eğitimine benzemektedir. Sınıfların birbirinden ayrılması işlemi (dolayısıyla kendini geliştirmesi), öğrenme algoritması tarafından örnek kümeden alınan bilginin adım adım işlenmesi ile gerçekleşir. YSA kullanılarak makinelere öğrenme genelleme yapma, sınıflandırma, tahmin yapma ve algılama gibi yetenekler kazandırılmıştır.

2.3.3. Hava kirliliği modellemesinde pasif örnekleyiciler, yapay sinir ağları ve bulanık mantık uygulamaları ile ilgili önceki çalışmalar

Yapay sinir ağları modellerinin hava kirliliğine veya daha genel bir ifadeyle atmosfer ortamına, uygulanması oldukça yeni olup bu konudaki çalışmaların geçmişi 1990'lı yılların öncesine gitmemektedir.

Literatürde rastlanan ilk çalışma Boznar (1993) ve ekibine aittir. Bu çalışmada, kompleks bir topografya içinde bulunan bir termal enerji santralinden çıkan baca gazındaki SO₂'nin belirli mesafede yarım saat sonraki konsantrasyonu tahmin edilmiştir. Boznar ve arkadaşları bu çalışmada model için girdi parametreleri olarak termal enerji santralinin bulunduğu bölgenin çeşitli noktalarında ölçülen SO₂ konsantrasyonlarının yanı sıra rüzgâr hız ve yönü, sıcaklık ve zaman parametrelerini kullanmıştır. Santralin bulunduğu topografik bölge oldukça kompleks olmasına rağmen yapay sinir ağları klasik istatistiksel metotlara göre oldukça iyi sonuçlar vermiştir.

Perautonis ve ark. (1994) Atina'da SO₂ episodları olup olamayacağını tahmin edebilmek için kullandığı yapay sinir ağıları modellerinde başarılı sonuçlar elde etmişlerdir.

Mlakar ve Boznar (1994) kısa vadeli hava kirliliği tahmininde kullanılacak modeller ve parametre seçimi konusunda yaptıkları çalışmalarda yine bu modellerin ilerde hava kirliliğine uygulanabilirliği konusunda cesaret verici sonuçlar elde etmişlerdir.

Ruiz-Suarez ve ark.'ları (1995) Kısa süreli ozon seviyesini belirlemek amacıyla YSA kullanarak tahmin çalışmaları yapmışlardır.

Comrie (1997) Amerika'da 8 şehrin verileriyle yaptığı günlük ozon konsantrasyonları tahmininde regresyon modelleriyle yapay sinir ağıları modellerini karşılaştırmış ve yapay sinir ağlarının daha iyi sonuçlar verdiğini ortaya koymuştur.

Mlakar ve Boznar (1997) hava kirliliği tahmininde yapay sinir ağıları için kullanılan girdi parametrelerinin önem sırası ile sıralanması yöntemlerini incelemiş, literatürde belirtilen bir yöntemi bir termal enerji santrali çevresindeki SO₂ tahmininde kullandığı girdi parametrelerini önem sırasına göre sıralamak için kullanmış ve kendisi de bu konuda bir yöntem önermiştir. Kullanılan bu yöntemde girdi parametreleri çok önemli, oldukça düşük önemde ve önemsiz olarak üç grupta toplanmıştır.

Clair ve Ehrman (1998) Mevsimsel iklim değişikliklerinin atmosfere atılan çözünmüş organik karbon ve azot miktarına etkisini yapay sinir ağıları modeli kullanılarak ortaya koymaya çalışmışlardır.

Gardner ve Dorling (1998) Yapay sinir ağıları modellerinin en yaygın kullanıma sahip çok katmanlı perseptron (multi layer perceptron) modelinin atmosfer bilimlerine uygulamalarının incelemesini ve bu modelin özellikleri ile beraber atmosfer bilimlerine uygulanışındaki literatür çalışmalarını ortaya koymuştur.

Gardner ve Dorling (1999) Londra'da şehir atmosferinde saatlik NO_x ve NO₂ konsantrasyonlarının tahmininde çok katmanlı perseptron modelini kullanmışlar ve

elde ettikleri sonuçlar göstermiştir ki NO_2/NO_x konsantrasyonları ile lokal meteorolojik parametreler arasında kuvvetli bir ilişki vardır ve bu ilişki yapay sinir ağları yardımıyla oldukça uyumlu bir şekilde modellenebilmektedir.

Prybutok ve ark. (2000) Huston şehrindeki ozon yoğunluğunun ÇKA ile tahmini ve ARIMA ve regresyon modelleri tahminleri ile bir karşılaştırma yapmışlardır.

More ve Deo (2003) günlük, haftalık ve aylık rüzgâr hızının tahmininde ÇKA ve yinelemeli ağ uygulaması ARIMA modelleri ile bir karşılaştırma yapmışlardır.

Ibara- Barastegi ve ark. (2007) hava kirliliği konusunda YSA kullanarak tahmin çalışmaları yapmışlardır.

Özcan ve ark'ları (2006) 6 farklı kirletici parametre ve 8 meteorolojik faktör dikkate alınarak, İstanbul ili troposferik ozon konsantrasyonları Hücresel Yapay Sinir Ağ Yöntemiyle modellenmiştir. Hava Kirliliği alanında uygulanan bu modelin amacı, ozon konsantrasyonlarına meteorolojik faktörlerin ve diğer kirletici parametrelerin etkilerini belirlemektir. HYSA modeli ile birlikte istatistiksel indisler hesaplanmış ve model performansı kontrol edilmiştir. Sonuç olarak, model çıktıları ve istatistiksel değerler incelendiğinde HYSA yapısının ozon konsantrasyonu modellemelerinde kullanılabileceği görülmüştür.

Atik ve ark. (2007) Zonguldak ili için 1995–2004 yılları arasındaki 10 yıllık meteorolojik verilerin ortalaması kullanılarak yapay sinir ağları ile meteorolojik verileri hesaplayabilen bir modelleme yapılmıştır. YSA'da giriş bilgisi olarak; Atmosfer dışındaki güneş ısınım şiddeti, deklinasyon açısı ve güneşlenme süresi bilgileri, çıkış olarak ise, atmosfer içindeki ısınım şiddeti, rüzgâr hızı ve hava sıcaklığı bilgileri kullanılmıştır. YSA'da istenilen hata değeri sağlandıktan sonra, 2005 yılı verileriyle test edilmiştir. Test sonucunda ortalama bağıl hata değerinin kabul edilebilir hata sınırları içerisinde çıkması YSA'ların bu alanda kullanılabilirliğini göstermiştir.

Yüksek ve ark. (2007) Geri Yayılmalı Yapay Sinir Ağları modeli kullanılarak, SO_2 kirlilik seviyesi üzerindeki meteorolojik ve diğer kirlilik parametrelerin, kentsel

bölgedeki etkisi incelenmiştir. Tahmin modelinin performansı % 84-88 değerleri arasında kullanılan modele göre başarı sağlanmıştır.

Kabaca ve ark. (2007) Troposferik ozon konsantrasyonları, kirletici ve meteorolojik parametreler kullanılarak YSA yaklaşımı ile İstanbul ili için modellenmiştir. Ozon tahmininde kullanılan parametrelerin yaklaşık 2 yıllık (2004-2005) değişimleri dikkate alınmış ve çok çeşitli model mimarileri farklı model parametreleri ile denenmiştir. En iyi model performansı, 3 gizli katman (16, 32 ve 16 hücreden oluşan) ve öğrenme oranı 0,3 olarak belirlenmiş model denemesinden elde edilmiştir. Bu model mimarisi ve öğrenme oranı ile hesaplanan belirtme katsayıları eğitim ve test veri setleri için sırasıyla 0.91 ve 0.79'dur. Literatürdeki çalışmalar incelendiğinde $R^2 = 0.79$ 'un İstanbul için elde edilmiş olan önceki bazı değerlerden daha yüksek olduğu görülmektedir.

Keleşoğlu ve Ekinici (2008) Silis dumanı katkılı betonların çarpma dayanımı yapay sinir ağları ile tespit edilmiştir. Uygulamada geri yayımlı sinir ağı tercih edilmiş ve datalar normalize edilerek ağa verilmiştir. Ağın eğitimi için gereken eğitim ve test seti, deney dataları kullanılarak hazırlanmıştır. Ağdan elde edilen çıkışlar, deney sonuçlarıyla karşılaştırılmış ve sonuçların yeterli hassasiyette olduğu görülmüştür.

Aladağ ve ark. (2010) Klasik zaman serisi olarak mevsimsel otoregresif bütünleşik hareketli ortalama (SARIMA) modelinin, yapay sinir ağı modeli olarak Elman geri beslemeli yapay sinir ağının kullanıldığı yeni bir melez yaklaşım önerilmiştir. Önerilen yöntem Ankara hava kalitesi verileri üzerinden literatürdeki diğer klasik zaman serisi ve melez yaklaşımlar ile karşılaştırılmıştır.

Arabacı ve ark. (2010) Çorum ilinde bulunan 16 adet tuğla ve kiremit fabrikasının bacalarından alınan ölçüm verileriyle baca gazındaki SO_2 , CO , CO_2 , NO_x , O_2 , miktarını öngören Yapay Sinir Ağı (YSA) modelleri geliştirilmiştir. Bu YSA modelleriyle, tuğla ve kiremit fabrikalarına ait baca çapı, kesit alanı, yakıt kalorisi, yakıt miktarı, ısı gücü, fiili baca yüksekliği, yerden yükseklik, ortam sıcaklığı, gaz sıcaklığı, nem oranı, gaz hızı, gaz debisi, toz konsantrasyonu giriş parametreleri olarak verildiğinde fabrikanın baca gazındaki CO , CO_2 , NO_x , SO_2 , O_2

miktarı hesaplanabilmektedir. Tüm parametreler göz önünde bulundurularak her fabrika için yıl içinde 3 ayrı zamanda deneysel çalışmalar yapılmış ve model için veriler toplanmıştır. Bu verilerin bir kısmı YSA modelinin eğitiminde, geri kalan kısmı ise modellerin test edilmesi için kullanılmıştır. SO₂ miktarını öngören YSA modeli eğitim ve test korelasyon katsayı değerleri sırasıyla 0.9915 ve 0.9807 olarak hesaplanmıştır.

Özdemir (2011) Türkiye'nin, karbonizasyon indeksinin (v) temel enerji göstergelerine bağlı olarak analitik bir ifade ile tanımlanması yapılmıştır. Çalışmada analitik ifadelerin elde edilmesinde son yıllarda oldukça sık kullanılan ve birçok bilimsel alana uygulanma imkânı bulunan, yapay sinir ağları (YSA) yaklaşımı kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre ampirik olarak formüle edilen karbonizasyon indeksinin doğruluğu $R^2=1$ olarak elde edilmiştir.

Atımtay (2003) Ankara'da trafiğin yoğun olduğu üç kavşakta hidrokarbon kirliliği tespit edilmiş ve elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir. Ölçümlerin yapılacağı üç kavşak olarak Kavaklıdere-Kuğulu (KV), Kızılay (KZ) ve Anamir-1011(Etlik) (E) kavşakları seçilmiştir. Belirlenen kavşaklarda aktif karbon tüpleri (Drager - ORSA 5) kullanılarak yapılmıştır. Bu tüpler, özel olarak hazırlanmış, hidrokarbonları absorblayan aktif karbonla doldurulmuş cam tüplerdir. Uygulanan yöntem Pasif Örneklem yöntemi. Tüpler her ay değiştirilmiştir. Aktif karbon üzerine adsorblanan VOC, laboratuvar da CS₂ ile ekstrakt edilmiş ve ekstrakt Gaz Kromatografi cihazında özellikle BTX bileşenleri için analiz edilmiştir. Elde edilen sonuçlardan özellikle BTX bileşenleri konsantrasyonlarının bazı noktalarda arttığı bulunmuştur.

Bozkurt ve ark. (2006) Kocaeli'nde farklı bölgelerde (endüstriyel, kent merkezi, kent merkezi dışında bulunan yerleşim bölgesi) ve farklı mikro-çevrelerde (ev, okul, ofis), iç ve dış ortam hava örneklemeleri ile ağır metaller, uçucu organik bileşikler, SO₂, NO₂ ve O₃ konsantrasyonları belirlenerek, iç ortam hava kalitesi değerlendirmesi yapılmıştır. Çalışmada, seçilen inorganik ve organik kirleticilerin iç ve dış ortam konsantrasyonlarının belirlenmesi için 2006 yaz mevsiminde 15 ev, 10

ofis ve 3 ilköğretim okulunun iç ve dış ortamlarında aktif ve pasif örnekleme çalışmaları yapılmıştır.

Andiç (2008) Aliğa kentsel ve endüstriyel alanlarında haftalık pasif örnekleme için, 48 örnekleme noktalı bir dikey hat sistemi kurulmuştur. Beş örnekleme dönemi 19-26 Aralık 2005, 21-28 Mart 2006, 19-26 Haziran 2006, 29 Ağustos – 5 Eylül 2006 ve 9-16 Şubat 2007 tarihlerinde gerçekleştirilmiştir. Kullanılan metot ile 55 bileşik ölçülebilir ve belirlenebilir olmasına rağmen, bu beş dönemde yirmi üç uçucu organik bileşik bulunmuş ve ölçülmüştür.

Özden ve ark.'ları (2008) Eskişehir'de 9–23 Ocak 2008 tarihleri arasında birer haftalık periyotlarla azot dioksit (NO_2), kükürt dioksit (SO_2) ve ozon (O_3) bileşenlerinin pasif örnekleme yöntemiyle ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Örnekleme çalışmaları için, trafik yoğunluğu, ısınma şekli, nüfus yoğunluğu vb. faktörler dikkate alınarak, daha önceden gerçekleştirilmiş envanter ve ölçüm çalışmalarına dayalı olarak belirlenen şehrin kirli ve temiz bölgelerinden toplam 60 ilköğretim okulu seçilmiştir. İl Sağlık Müdürlüğü, İl Çevre ve Orman Müdürlüğü, Anadolu Üniversitesi İki Eylül Kampusu'nda bulunan ölçüm istasyonları da eklenerek toplam 64 noktada ölçümler yapılmıştır.

Özden ve ark.'ları (2008) Eskişehir'de 2008 yılı kış döneminde iç-dış ortam NO_2 ve SO_2 derişim değerleri pasif örnekleme yöntemiyle ölçülmüştür. Sigara içilmesi, ısınma şekli, dış ortam trafik yoğunluğu vb. faktörler dikkate alınarak seçilen 4 farklı evin iç ve dış ortamında iki ay boyunca, haftalık periyotlarla eşanlı örnekleme çalışmaları gerçekleştirilmiştir.

Karaca ve ark.'ları (2009) Müzelerde kirleticilerin izlenmesi için önerilebilecek en etkin yöntem küçük boyutlu ve estetik açıdan sorun oluşturmayacak, müze ruhuna uygun örnekleme alternatiflerinin veya örnekleycilerin kullanılmasıdır. Bu durumda en etkin örnekleme yöntemleri pasif örnekleyciler veya benzer mantıkla uygulanan izleme kuponları gibi alternatiflerdir. Kapalı alanlarda (iç ortamlarda) korunan, saklanan veya sergilenen tarihi ve kültürel mirasımızın önemli parçaları olan eserlerin hava kirleticilerinden nasıl etkilendiklerinin incelenmesi, risk değerlendirmesi ve kontrol yöntemlerinin belirlenmesi çerçevesinde uluslararası ve

ulusal ölçekte yapılmış olan çalışma ve uygulamalar incelenerek derlenmiş ve ülkemizde benzer uygulamaların yapılması sürecince karşılaşılabilecek uygulama zorlukları tartışılmıştır.

Tavşan (2010) Tenax-TA adsorbent içeren tüplerde Dilovası ve GYTE Muallimköy yerleşkesinde aktif ve pasif olarak numunelerde BTEX içeriği TD ve GC/FID düzeneği ile ölçülmüştür. 2007 yılının bahar ve yaz aylarında ülkemizin hava kalitesi açısından kritik bir bölgesi olan Dilovası merkezi ve GYTE Muallimköy yerleşkesi olmak üzere iki ayrı noktada aktif ve pasif numune alma yöntemleriyle BTEX bileşiklerinin konsantrasyonları ölçülerek BTEX kirliliği açısından bölgenin durumu belirlenmeye çalışılmıştır. Aktif örnekleme sonuçlarının pasif örnekleme sonuçlarından 3 ile 6 kat daha fazla olduğu belirlenmiştir.

Civan (2010) çalışmanın amacı Bursa'nın farklı endüstri ve kentsel bölgelerinde UOB tespit etmek, tanımak ve değerlendirmektir. Uçucu Organik Bileşikler'in mekânsal dağılımı, mevsimsel değişimi ve ayrıca sağlık riski değerlendirmesi yapılmıştır. Pasif örnekleme ile Bursa'da 50'den fazla noktada hava numunesi toplandı ve örnekler GK-ısısal desorpsiyon cihazı ile analiz edilmiştir. 2005-2007 yılları arasında şehir genelinde 7 defa haftalık örnekleme yapılmıştır. Uçucu Organik Bileşikler'in kaynak belirleme çalışmasında faktör analizi tekniği kullanılmıştır. Motorlu taşıtlar ve endüstride kimyasal kullanımı Bursa'da en baskın UOB kaynağı olarak % 63 ve % 20 hesaplanmıştır. Sağlık riski çalışmasında, Bursa'da yaşayan insanların zaman-aktivite dağılımlarını hesaplamak için seçilen bir grup insana anket çalışması uygulanmıştır. Ömür boyu kanser riski, oluşturulan UOB veri seti kullanılarak tahmin edilmiştir. Kanser riskini temsil eden bütün istatistiksel parametreler bazı seçilmiş Uçucu Organik Bileşikler için belirlenen sınır değer üstünde çıkmıştır.

Öztürk (2010) İzleme stratejisi Konya'da hava kalitesi konusunda yeterli bilginin olmadığı yerlerde pasif örnekleme tekniği ile hava kalitesi durumunun tespiti için örnekleme noktalarının yerlerinin belirlenmesidir. Pasif izleme kampanyasının amacı, Konya için kirleticilerin (NO₂, O₃ ve SO₂) seviyelerini değerlendirmektir. Konya İl Merkezinde 21 Temmuz -21 Ağustos 2010 tarihleri arasında ikişer haftalık

periyotlarla azot dioksit (NO_2), kükürt dioksit (SO_2) ve ozon bileşenlerinin pasif örnekleme yöntemiyle toplam 54 noktada ölçümleri yapılmıştır.

Turalioğlu (2011) Bitkilere zararlı olan ozon (O_3), azot dioksit (NO_2) ve kükürt dioksit (SO_2) konsantrasyonları kış ve yaz dönemlerinde 8 hafta süresince belirlendi. Örnekler Erzurum'da 10 farklı noktada pasif örnekleyci ile haftalık olarak yapıldı. Bulunan değerlerin büyük oranda ulusal ve uluslararası sınır değerleri aşmadığı fakat ozon konsantrasyonunun ekosistemin korunması için önerilen AB sınır değerini aştığı gözlenmiştir. Bu çalışmada, kirletici konsantrasyonlarının şehir alanındaki değişimleri incelenmiş ve yüksek O_3 ve düşük NO_2 'nin kırsal alanda, düşük O_3 ve yüksek NO_2 değerlerinin de trafiğin yoğun olduğu şehir merkezlerinde bulunduğu görülmüştür. Ayrıca, bu kirleticilerin mevsimsel değişimlerine bakıldığında, ikincil bir kirletici olan O_3 'nun yaz aylarında daha yüksek, SO_2 ve NO_2 'nin ise kışın yaza göre daha yüksek olduğu saptanmıştır.

Mazmancı ve ark.'ları (2012) Kullanımı yasaklanan kimyasallar arasında organik klorlu pestisitler (OCP) de yer almaktadır. Bu çalışmada Mersin Toroslar'da pasif örnekleme sistemi ile havadaki (OCP)'ler tespit edilmiştir.

Yalçın (2013) Balıkesir'in çevresel seviyeleriyle birlikte, kentsel ve kırsal kesimlerindeki uçucu organik bileşikleri tanımlar ve nicelendirir, mekânsal dağılımlarını inceler. Bunlara ek olarak şehrin içme suyu barajının trafik emisyonlarından kaynaklı fazladan akımının tahminleri yapılmıştır. Bu hedefe ulaşabilmek için Balıkesir ve çevresinde, yaklaşık 50 noktada UOB'lerin pasif örnekleme çalışması yapılmış ve GC-FID sistemiyle analiz edilmiştir. Tenax TA adsorbent olarak kullanılmıştır. Örnekleme periyotları, kış periyodu olarak Mart 2010 ve yaz periyodu olarak Ağustos 2010 tarihlerinde 7'şer günlük sürelerle yapılmıştır. 25 farklı UOB kış ve yaz periyotları için analiz edilmiş ve en sık karşılaşılan bileşikler literatür çalışmalarıyla kıyaslanmıştır.

Dolmacı ve ark.'ları (2013) Eskişehir'de bulunan bir petrol istasyonu ve çevresindeki 38 noktada 4 günlük periyotta atmosferik UOB derişimlerinin pasif örnekleme yöntemi ile belirlenmesi ve elde edilen derişimlerin istasyon çevresindeki noktasal dağılımlarının incelenmesidir. Örnekleme çalışmalarına başlanmadan önce,

kullanılan pasif örnekleyicilerin doğruluğunu test etmek üzere kalite kontrol çalışmaları yapılmıştır.

Uygur ve Saral (2013) Marmara Denizi kıyı atmosferinde deniz aerosollerinin, atmosferik aerosol bileşimine olan potansiyel katkıları araştırılmıştır. Bu amaçla İstanbul'da 2011 yılı Nisan ve Ekim ayları arasında Silivri, Avcılar, Bakırköy, Yenikapı, Maltepe ve Bostancı istasyonlarında aerosol örneklemeleri yapılmıştır. Örneklemeler ASTM_G140 ıslak fitil standart metodu ile gerçekleştirilmiştir. Toplanan aerosollerde iz element ve iyon analizleri Inductively Coupled Plasma (ICP) ve İyon Kromatografi (IC) ile yapılmıştır. Deniz aerosolü etkisini belirleyebilmek için aerosol örneklerinin Na^+ ve Cl^- iyon akı miktarlarına bakılmıştır. Antropojenik emisyonların aerosol bileşimine etkilerini ve kaynaklarını belirleyebilmek için de element analizleri kullanılmıştır. Deniz aerosolü örnekleri Amerikan standart metodu ASTM-G140 Wet Candle (Islak Fitol) yöntemi ile toplanmıştır. Sistem, elektrik bağlantısı olmayan (pasif örnekleme yapan), bir örnekleme yüzeyi ve bu yüzeyi koruyan kafes yapıdan ibarettir.

Akyürek ve ark.'ları (2013) Kocaeli İlinde bulunan 9 adet Hava İzleme İstasyonundan elde edilen veriler yardımıyla kirletici parametrelerin konumsal analizi yapılmıştır. CBS tekniği ile kirletici parametrelere ilişkin konumsal örüntüler belirlenerek mekansal kirlilik dağılım haritaları oluşturulmuş ve istasyon bazındaki istatistikler dinamik haritalama ile değerlendirilmiştir. Hava kirleticilerin konumsal değişkenlikleri ile konumsal bağımlılık ilişkileri incelenmiştir. Kirletici parametre konsantrasyonlarının zamana bağlı değişimleri ve yönsel bir eğilim gösterip göstermediği, anizotrop bir yapıya sahip olup olmadığı araştırılmıştır.

Tecer (2013) 8 adet örnekleme noktalarından pasif ve aktif örnekleme yöntemleriyle hava kalitesi örnekleme yapılmıştır. Alınan hava örneklerinde akrilik elyaf yanması sonucu oluşabilecek kirletici parametreleri belirlenmiş ve ardından söz konusu kimyasal analiz sonuçları "insan sağlığı ve çevreye etkileri" kapsamında bir değerlendirme yapılmıştır. Akrilik elyafın yanma ürünleri arasında oluşabilecek yanmamış hidrokarbonların belirlenmesi amacıyla ve toksik olmaları nedeniyle BTEX analizler için pasif örnekleme; siyanür tespiti için aktif örnekleme ve

atmosferik partikül madde kütle ve kimyasal analizi için de yine aktif örnekleme yapılmıştır.

2.4. Minitab ve SPSS Paket İstatistik Programları

2.4.1. Minitab Paket İstatistik Programı

Minitab bir İstatistik yazılımıdır (Statistical Software). İçinde yaşadığımız hayat ve sürdürdüğümüz işler rastlantısal ve değişkendir. Tüm değişkenleri sabit tutamadığımız sürece (ki bu laboratuvar ortamı dışında pek mümkün görünmemektedir) istatistiksel araçlardan yararlanarak bilgi üretmeye ve bu bilgilerden faydalanmaya çalışırız. Minitab, kullanıcılarına 40 yılı aşkın süredir istatistiksel araçlar ile veriyi bilgiye dönüştüren yazılımlar sunmaktadır.

Minitab, 1972 yılında istatistik eğitimi veren profesörlere yardımcı olmak amacıyla tasarlandı. Zaman içerisinde işletme verilerinin analizinde dolayısı ile işletmelerin sunduğu ürün ve hizmetlerin kalitesinin iyileştirmesinde kullanılan en önemli yazılım haline geldi. İşletmelerin kendilerini geliştirmeleri ancak ve ancak gerekli olan verilerin doğru toplanması ve verilerinin doğru analizi ile mümkün olmaktadır. Minitab dünyada yalın 6 sigma uygulamalarında kullanılan en önemli yazılım olmasının yanı sıra istatistik eğitimi veren 4000 den fazla kolej ve üniversitede de kullanılmaktadır. (URL 3)

2.4.2. SPSS Paket İstatistik Programı

İstatistik biliminin karmaşık hesaplamaları konusu uzun yıllar boyunca öğrenim görülmesine gerek bırakmadan girilen verilerden istatistiksel çıkarımlar yapılmasını sağlayan SPSS, sebep sonuç ilişkileri kurarak karar verme konusunda yorum yapan bir bilgisayar yazılımıdır. Açılımı Statistical Package for the Social Sciences (Sosyal

Bilimler İçin İstatistik Paketi) olan SPSS dünya genelinde Windows, Mac ve Linux tabanlı tüm sistemlerde yaygın bir biçimde kullanılmaktadır.

Market araştırması yapılmasını büyük oranda kolaylaştıran ve girdi incelenmesi için saat ayrılmamasını sağladığı için zamandan ciddi ölçüde tasarruf sağlayan SPSS, bu nedenle kurumsallaşmış ve kurumsallaşma yolunda ilerleyen firmalar tarafından tercih edilmektedir. Market araştırmaları denince akla gelen ilk yöntem olan anketlerin istatistik bilimi kullanılarak doğru şekilde yorumlanması, istatistiğin bir bilim dalı olması sebebiyle ciddi bir bilgi birikim gerektirmektedir. Ülkemizde eğitim veren üniversitelerde iktisadi ilimler fakülteleri bünyesinde eğitim veren istatistik bölümleri, anket ve market araştırmalarının hesaplanması kadar bu verilerin doğru şekilde yorumlanması üzerinde de durmaktadır. SPSS bu aşamada devreye girerek firmaların işini ciddi manada kolaylaştırmakta ve elde edilen sonuçlar doğrultusunda doğru adımlar atılmasını sağlamaktadır.

Modern teknolojiyle birlikte hayatın bir parçası haline gelen bilgisayar yazılımlarının istatistik uzmanı bir insanın yapacağı yorumu yapıp yapamayacağı hala tartışıla dursun, SPSS sektör genelinde giderek daha fazla tercih edilen bir program olmaya devam etmektedir.

Raporlama konusunda da geniş imkânlar sunan SPSS tüm bu işlemleri birkaç tuşa basılmasıyla hızlı bir şekilde yaptığından, ciddi bir avantaj sağlamaktadır. Akademik düzeyli araştırmalarda da kullanılan SPSS programının kuruluşu 1968 yılına kadar gitmektedir ve program yıllar içinde 20'den fazla kez güncellenmiştir. PASW adıyla da tanınan yazılım, özellikle Avrupa'da eğitim veren üniversitelerde akademik düzeyli araştırmalarda kullanılmakta ve düzenlenen kurslarla üniversite öğrencilerine öğretilmektedir.

Ülkemizde anket firmalarının da kullanmaya başladığı bu yazılım sayesinde doğru kararlar alınarak başarılı geri dönüşler alınması daha kolay hale gelmektedir. İnsan kaynakları ve marka yönetimi açısından da birçok avantaj sunan yazılım, raporlama konusunda büyük kolaylıklar sağlamaktadır. ABD'de uzun zamandır üniversite ve bağımsız araştırma enstitüleri tarafından kullanılan SPSS, ülkemizde de birçok bilim dalında verilerin değerlendirilmesi için kullanılmaktadır. (URL 4)

3. MATERİYAL VE METOT

3.1. Çalışma Alanı

Konya ili göller dahil 40.814 km² yüzölçümüyle Türkiye'nin en büyük ili olup, ülke topraklarının yaklaşık olarak %5'ini kaplamaktadır. Topraklarının büyük bir bölümü İç Anadolu'nun yüksek düzlükleri üzerinde konumlanan ilin yüzölçümü göller hariç 38.873 km²'dir. İlin ortalama yükseltisi 1.016 m'dir. Konya, 2012 Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi (ADNKS) sonuçlarına göre ülke nüfusunun %2,71'ini oluşturan 2.052.281 kişiyle iller arası nüfus sıralamasında 7. sırada yer almaktadır. Konya Büyükşehir Belediyesi sınırları içindeki Selçuklu, Meram ve Karatay ilçe Merkezlerinin nüfusu ise 1.107.886 ile Konya nüfus'unun %54'ünü oluşturmaktadır. Bu ilçeler haricinde Akşehir, Beyşehir, Çumra, Ereğli, Ilgın, Kulu ve Seydişehir İlçeleri nüfusları 50.000'in üzerinde olan diğer ilçelerdir (URL 5).



Şekil 3.1 Araştırma bölgesinin haritası (Büyükşehir Belediye Başkanlığı, 2012)

3.1.1. Bölgenin coğrafi durumu

Konya ili; Anadolu Yarımadası'nın ortasında bulunan İç Anadolu Bölgesinin güneyinde yer almaktadır. Konya ili, doğal açıdan kuzeyinde Haymana platosu, kuzeydoğuda Cihanbeyli Platosu ve Tuz Gölü'ne, batısında Beyşehir Gölü'ne ve Akşehir Gölü'ne, güneyinde Sultan Dağları'ndan başlayan Karaman ilinin güneyine kadar devam eden, Toros yayının iç yamaçları önünde bir fay hattı boyunca oluşmuş volkanik dağlara, doğusunda ise Obruk platosuna kadar uzanır. İl topraklarının büyük bir bölümü, İç Anadolu'nun yüksek düzlükleri üzerine rastlar. Güney ve güney batı kesimleri Akdeniz Bölgesine dâhildir.

Konya coğrafi olarak 36°41' ve 39°16' kuzey enlemleri ile 31°14' ve 34°26' doğu boylamları arasında yer alır. Yüz ölçümü 38.257 km² (Göller hariç) olup bu alanı ile Türkiye'nin en büyük yüz ölçümüne sahip olan ilidir. Ortalama yükseltisi 1.016 m. dir. Şehir merkezi etrafında, Loras (2.010 m) ve Erenler (2.319 m) başta olmak üzere yüksek sayılabilecek dağlar dışında yüzlerce km büyüklükteki ovalarda herhangi bir yükseltiye rastlanmaz. Ancak ilin güney kesimi Toros Dağları, güneybatısı ise Sultan Dağları ile çevrilidir. Yine güneyinde volkanik dağlar ve krater göllerine rastlanır. Aydos Dağı da (3.430 m) ilin güneyinde olup en yüksek dağdır. Ülkemizin tahıl ambarı durumunda olan düzlükler; Konya Ovası, Cihanbeyli Yaylası ve Obruk Yaylasından oluşmaktadır. Konya Ovası 'nın en çukur yeri Aslım mevkii (975 m), en yüksek yeri de Alaeddin Tepesidir (1080 m). Tuz Gölü, Akşehir Gölü, Beyşehir Gölü ve Suğla Gölü il sınırları içindedir. Sulama amacıyla Cumhuriyet döneminde May, Apa, Altınapa barajları yapılmıştır. Yarı kurak bir iklime sahiptir. Karapınar ve Ereğli , Türkiye 'nin en az yağış alan yerleridir. Dağlık kesimlerinde ormanlık alanlar mevcuttur. Düzlükler ise bozkırlar şeklindedir. İdari yönden; kuzeyden Ankara, batıdan Isparta, Afyonkarahisar, Eskişehir, güneyden İçel, Karaman, Antalya, doğudan Niğde ve Aksaray illeri ile çevrilidir. İlin uç noktalarını; kuzeyinde Kulu'nun Köşkler köyü, batısında Akşehir'in Değirmenköyü, güneyinde Taşkent'in Beyreli köyü, doğusunda ise Halkapınar'ın Delimahmutlu köyü oluşturmaktadır. Merkez (Meram, Karatay, Selçuklu), Akşehir, Ahırlı, Akören, Altınekin, Beyşehir, Bozkır, Cihanbeyli, Çumra, Çeltik, Doğanhisar, Derebucak,

Ereğli, Ermenek, Emirgazi, Güneysınır, Hadim, Hüyük, Ilgın, Kadınhanı, Karapınar, Kulu, Sarayönü, Seydişehir, Taşkent, Tuzlukçu, Yalınhöyük, Yunak olmak üzere 31 ilçesi bulunmaktadır. Konya ili sınırları içerisinde Türkiye'nin en büyük alüminyum (boksit) ve magnezit yataklarının yanı sıra, kömür, kil, çimento hammaddeleri, kurşun-çinko, barit madenleri ile önemli oranda yer altı suyu rezervleri bulunmaktadır. Alüminyum (boksit) yatakları Seydişehir ilçesi güneyinde Üst Kretase zaman aralığında karasal ayrışmalarla meydana gelmiştir. Magnezit yatakları ise Meram ilçesi sınırları içerisinde olup tek başına hem Konya'nın hem de dünyanın en büyük rezervli (80 milyon ton) magnezit yatağıdır. Yunak civarında Magnezit ve az miktarda lüle taşı yatakları bulunmaktadır. Ilgın (Haremi Kurugöl), Beyşehir ve Seydişehir ilçelerinde Pliyosen yaşlı toplam 750 milyon ton rezervli linyit kömürü yatakları bulunmaktadır. Beyşehir, Selçuklu ve Ilgın civarında önemli miktarlarda kil yatağı vardır. Ayrıca Bozkır'da barit, Hadim (Kızılderinisi) ve Bozkır'da (Küçükusu) kurşun-çinko yatakları bulunmaktadır. Ayrıca Konya'nın birçok yerinde çimento hammaddelerinden kil, kalsit, jips, tras, kireçtaşı ve dolomit gibi hammaddeler bulunmaktadır (URL 5).

3.1.2. Bölgenin iklim özellikleri

İlde karasal iklim hâkim olup, kışlar yağışlı ve soğuk, yazlar ise sıcak ve kuraktır. Geniş bir coğrafya üzerine yayılan ilde daha yağışlı ve mutedil iklim şartlarına sahip mikro klima bölgeleri mevcuttur. İlde meteorolojik verilerin alındığı ilçelerin ortalaması olarak, nispi nem % 59,5 , sıcaklık ortalaması 11,4°C 'dir. İl, en fazla yağışı kış ve ilkbahar aylarında sağanak halinde almaktadır. Bölgenin ve ülkemizin en az yağış alan yeri Tuz Gölü çevresidir. İlde değişik ekolojilere sahip birçok mikro klima bölgesi mevcuttur. İlde yıllık yağış toplamı 279,5 mm (Karapınar) ile 738,7 mm (Seydişehir) arasında büyük bir değişim göstermektedir. İl genelinde yağışların büyük bir kısmı sonbahar ve özellikle kış aylarında gerçekleşmektedir (URL 5).

3.1.2.1. Rüzgâr

Konya'nın hâkim rüzgâr yönü kuzey-kuzeydoğu'dur. Yıllık ortalama hızı ise 2,0 m/s'dir. Konya'da Ekim-Mart aylarının kış ortalama rüzgâr yönü yine kuzeydir. Hızı ise 1,8 m/s'dir. Yani yıllık ortalamanın altındadır. Rüzgârlı geçen gün sayısı daha az olup, diğer aylara göre sakin saatler fazladır. Rüzgârın gün içinde esme saatleri ise daha çok gün doğumundan sonra başlamakta ve gün batımına kadar devam etmektedir. Gece ve akşam saatleri rüzgârın hızının en az olduğu saatlerdir. Dolayısıyla hava kirliliğinin en yoğun olduğu saatler sabah erken ve akşam ilk saatlerdir (Ceyhan ve ark. 1995).

Son 62 yıllık esme sayıları toplamı göz önüne alındığında en fazla esen rüzgârlar sırasıyla, kuzey (N-4966), kuzey-kuzeydoğu (NNE-4206) ve kuzeydoğu (NE-3388) yönündedir. Rüzgâr yatay hava hareketi olup, kirleticilerin taşınması, dağılımı ve seyrelmesinde önemli rol oynar. Rüzgâr hızı arttıkça kirlilik konsantrasyonu azalır. Kirleticiler rüzgârın estiği yönde hareket edip yayıldığı için rüzgâr yönü de önemlidir. Konya'da ilin gelişimi ve sanayisi hâkim rüzgâr yönünde olduğu için hava kirliliğinin başlıca sebeplerinden biri rüzgâr olmaktadır (Anonim 2003).

3.1.2.2. Basınç

Kirletici maddeler yüksek basınçta hava akımlarıyla yukarı doğru taşınmadığından dağılıp karışması gecikmektedir. Konya ilinin yıllık ortalama aktüel basıncı 898.4 mbar'dır. Ancak özellikle kış aylarında daha çok yüksek basıncın etkisi altında kalır (Kış ayları ortalama basıncı 899.5 mbar'dır.) ve sis oluşumu daha çok görülür. Böylece hava kirliliğinin oluşması ve devamı bakımından diğer meteorolojik parametrelerin yanında hava basıncı da önemlidir (Ceyhan ve ark. 1995).

Konya kapalı havzası Balkanlar'dan ülkemizi etkileyen meteorolojik sistemlerle kuzeyden, Akdeniz'den ülkemizi etkileyen meteorolojik sistemlerle güneyden gelen hava olaylarıyla etkilenmektedir. Kış aylarında yüksek basınç, yaz

aylarında alçak basınç hâkimdir. Basınç atmosferde meydana gelen cephesel geçişler ile hava sıcaklığına bağlı olarak hava yoğunluğundaki artma ve azalmalar sebebiyle değişebildiği gibi yükseklik, yer çekimi ve mevsimlere göre de farklılık gösterir (Anonim 2003).

3.1.2.3. Sis

Sis, yeryüzüne inmiş stratüs bulutlardır. Sisli günlerde hava sıcaklığı yerden yükseklerle çıkıldıkça artar (inversiyon vardır). Konya’da sis en fazla Aralık ayında görülmektedir. Kasım, Ocak ve Şubat ayları sisli günlerin fazla olduğu aylardır. Yaz aylarında sis görülmemektedir (Anonim 2003). Sis oluşumu inversiyon oluşumu olayı ile iç içe düşünülebilir. Normal şartlarda yerden yükseldikçe sıcaklık azalmaktadır. Bunun tersi durumlarda havada yeterince nem mevcut ve rüzgâr da yoksa sis kolayca oluşur ve kirlilik arttıkça sisin yoğunluğu ve dağılma süresi artar (Ceyhan ve ark. 1995).

3.1.2.4. Nem

Atmosferde bulunan nem miktarı arttıkça kirleticiler daha geç dağılmakta ve inversiyon daha kolay oluşmaktadır. Kuru havada yükseklikle sıcaklık değişimi 10 °C/100 m iken nemli bir havada 0,65 °C/100 m’dir. Dolayısıyla yer ile yüksek seviyeler arasında sıcaklık farkı azalır ve hava içindeki dolaşım yavaşlar.

Konya ilinin ortalama nispi nemi % 60’dır. Kış aylarında bu değer % 71,3’e yükselmektedir. Aralık ve Ocak aylarındaki nem oranı ise % 79 ve % 78’e ulaşmaktadır (Ceyhan ve ark. 1995). Konya’da bağıl nemin en az olduğu aylar Temmuz ve Ağustos, en fazla olduğu aylar ise Aralık ve Ocak’tır. Bağıl nemin yüksek olduğu aylarda sisli günler daha fazladır.

3.1.2.5. Sıcaklık

Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü verilerine göre, Konya’da yıllık ortalama hava sıcaklığı 11,5 °C’dir. Hava kirliliğinin yükseldiği kış aylarında (Ekim-Mart) ortalama sıcaklık 3,0 °C’dir. Sıcaklık en soğuk ay olan Ocak’ta ortalama -0,2 °C iken, en sıcak ay olan Temmuz’da ortalama 23.2 °C’dir. Bazı kış günlerinde atmosferin üst seviyelerinin yere göre daha sıcak olması ile meydana gelen inversiyon ve sis olayı kirleticilerin uzun süre havada asılı kalmalarına neden olmaktadır (Ceyhan ve ark. 1995).

3.1.2.6. Yağış

Konya’da iklim karasaldır. Karasal iklimin özelliklerinden olan soğuk ve yağış kış ve ilkbahar aylarında etkilidir. Yağışlı gün sayısı ise ortalama 81,6 gündür. Kış aylarında kar ve yağmur, bahar aylarında ise sağanak yağmur ve gök gürültülü sağanak yağışlar ve dolu görülür. En fazla yağış alan günler kış mevsiminde Aralık, ilkbaharda ise Mayıs ayındadır (Anonim 2003). Uzun yıllar ortalamalarına göre yıllık ortalama yağış miktarı toplam 325,8 mm/m²’dir.

3.1.3. Bölgenin hava kirliliği kaynakları

Konya’da 3 adet Organize Sanayi Bölgesi ve Büsan Sanayi Bölgesi ile birlikte kurulu bulunan özel organize sanayi bölgelerinde çimentodan şekere, makineden kimyaya, tekstilden otomotiv yedek parçaya, gıdadan ambalaja, elektrik-elektronikten kâğıt sanayine kadar oldukça değişik ve geniş üretim alanlarında faaliyet gösterilmektedir. Sanayinin büyük bölümü şehir merkezinin kuzey bölümüne konuşlandırılmış durumdadır. Konya İli sınırları içerisinde 705 adet (A ve B Grubu) Emisyon İzni almış sanayi kuruluşu bulunmaktadır. Şehir merkezinde kirleticisi vasfı yüksek olan 167 adet sanayi kuruluşu ve trafikte bulunan araç sayısı 2014 yılı itibariyle 593.089 sayısına ulaşmış durumdadır.

Kent merkezinde ısınma envanteri oluşturulan 265.489 konuttan 88.899 konut ısınmada doğalgaz kullanırken geri kalan 176.590 konut ısınma amaçlı kömür kullanmaktadır. Kentte ısınma amaçlı doğalgaz kullanım oranı yaklaşık % 34 civarındadır (Konya Temiz Hava Eylem Planı- 2013-2019 / URL 2).

Konya il merkezinde hava kirliliğine sebep olan kaynaklar üç grupta toplanmaktadır. Bunların başında ısınma ihtiyacından dolayı konutlarda ve işyerlerinde tüketilen fosil yakıtlardan kaynaklanan kirlilik gelmektedir. Sanayi kuruluşların üretimleri sırasında havaya verdikleri kirleticiler yanında enerji üretmek için tükettikleri fosil yakıt emisyonları ise ikinci kirletici kaynak olarak ortaya çıkmaktadır. Üçüncüsü de motorlu taşıtların egzoz emisyonlarından kaynaklanan kirliliktir (Kunt, 2007).

Bir bölgedeki hava kirliliği seviyesi, sadece kirliliği meydana getiren kaynaklardan gelen kirlilik miktarına değil; aynı zamanda bölgenin topoğrafik yapısına ve o andaki meteorolojik şartlara da bağlıdır. Lokal hava kirliliği seviyesini etki eden en önemli unsurların başında, meteorolojik faktörler gelmektedir (Dursun 1997).

3.2. Veri Toplama ve Veri Analiz Yöntemleri

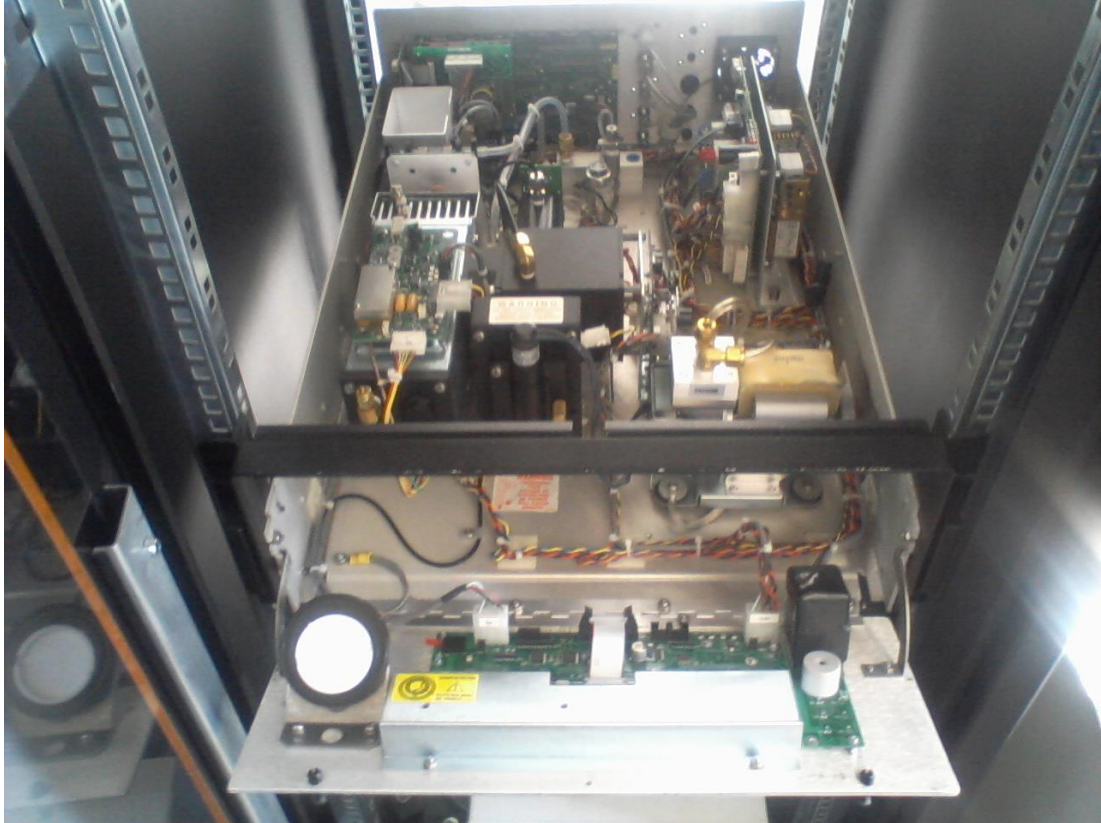
M100E UV Florasan SO₂ Analizörü, cihazın içine çekilen gaz numunesindeki kükürt dioksit (SO₂) konsantrasyonunu belirleyen, mikro işlemci kontrollü bir analizördür. SO₂'yi uyaran (SO₂*) ultraviyole ışığa maruz kaldığı numune odasına doğru sabit bir gaz akışı oluşturmak için numune ve kalibrasyon gazlarının ortamdaki atmosfer basıncında olmasını gerektirir. SO₂* molekülleri SO₂'ye bozundukça ışıma yaparlar. Cihazı numune gazında mevcut olan SO₂ miktarını belirlemek için ışıma miktarını ölçer. Model 100E UV Florasan SO₂ Analizörü cihazı Model 100E kanıtlanmış UV florasan ölçüm tekniğini kullanır, eşsiz mikro işlemci teknolojisi çok düşük SO₂ seviyelerinde dahi kararlı ölçümler sağlar. Veri aktarımı için dahili hafızası mevcuttur. Bu sayede ölçüm değerleri, ortalama değerler, kalibrasyon verileri ve akış, basınç ve lamba gücü gibi işletme parametrelerini içeren

500.000'den fazla kayıt hafızada tutulabilir. M100E analizörde (Şekil 3.2) analizörün konsantrasyon ve kalibrasyon verilerini ve teşhis parametrelerinin saklamasını sağlayan esnek ve güçlü bir dahili veri edinim sistemi (iDAS) bulunur. M100E'nin iDAS'ı yaklaşık bir milyon data noktasına kadar saklama yapabilir, bunlar tek tek konfigürasyonlara bağlı olarak günler, haftalar ve aylar boyunca yapılan ölçümleri kapsayabilir. Veriler uçucu olmayan hafızada saklanır ve alet elektrik kesildiği takdirde dahi ölçülen veriler silinmez. Geri çağırmanın ve ortak veri analiz programlarında kullanmanın kolay olması için veriler düz metin formatında saklanır (tablolama programları gibi). iDAS esnek olacak ve kullanıcının veri tipi, uzunluk ve raporlama zamanı üzerinde tam kontrolü olacak şekilde tasarlanmıştır. iDAS kullanıcıların aletin ön panelinden saklanan verilere erişimleri mümkün olacak şekilde tasarlanmıştır. APICOM kullanarak veriler uzak bir bilgisayardan da otomatik olarak geri çağırılabilir yada cihazın arkasında bulunan portlardan bilgisayara bağlanarak veri aktarımı da sağlanabilir.

Bir hidrokarbon engelleyici ve üstün optik dizayn ile girişimlere bağlı belirsizlikler engellenmektedir. Çok işlemlili yazılım, gerçek zamanlı işlem parametrelerinin gösterimini sağlar ve eğer diagnostik limitler aşılsa otomatik alarmlar verir.

Model 100E UV Florasan analiz cihazının kalibrasyonu için Sıfır – hava kaynağı, kükürtdioksit span gazı kaynağı gereklidir. Sıfır – hava Dünya atmosferindeki kimyasal bileşimin benzeridir ancak Analiz cihazının okuması üzerine etki yapabilecek olan tüm bileşenleri yok saymıştır. SO₂ Ölçüm cihazları için, sıfır hava numune gazı ile aynı bileşime sahip olmalıdır, ancak, SO₂'nin olmaması ve büyük miktarlardaki Hidro karbonlar, nitrojen oksit (NO) ve $\leq -15^{\circ}\text{C}$ değerinde olan çiğ düşmesi için gerekli ısı düşmesi olan su buharından yoksundur. Span gazı, arzu edilen tam ölçüm aralığının yaklaşık % 90'ı içinde kimyasal bileşimi elde etmek üzere özel olarak karıştırılmıştır. Örneğin, eğer ölçme aralığı 500 ppb ise, span gazı, yaklaşık 450 ppb değerinde bir SO₂ konsantrasyonuna sahip olacaktır. Span gazlarının, analiz cihazının doğru kalibrasyonu için belirli bir doğrulukta olduğu tasdik edilmelidir. SO₂ gazları için tipik gaz doğruluğu % 1 ya da 2 dir. SO₂ standartları azot içinde karıştırılmalıdır. Cihazın periyodik olarak haftada bir olacak

şekilde sıfır-span kalibrasyonları yapılmıştır. Cihazın kalibrasyonu yazılımla yapılır ve cihazın fiziksel olarak ayarlanmasını gerektirmez. Kalibrasyon sırasında, değişik konsantrasyonlar da SO₂ miktarı bilinen gaz verildiğinde mikro işlemci sensör çıkış sinyalinin ölçer ve ölçümü hafızasında saklar. Mikro işlemci, nihai SO₂ konsantrasyonunu hesaplamak için, PMT siyah sapma, UV lamba oranı ve mevcut ışık sızıntısı gibi diğer performans parametreleri ile birlikte bu kalibrasyon değerlerini ve numune gazın sıcaklık ve basıncını kullanır. Ayrıca kullanılan tutma kabına yerleştirilen filtre kağıdı mevsimsel durumlara göre haftalık olarak değiştirilmiştir. Fakat kirliliğin yoğun yaşandığı kış aylarında 1 ve 5 µm gözenek boyutundaki filtreler daha erken kirlenebileceği için 3 - 4 günde bir değişimin yapılmasının gerektiği günler olmuştur. Yazın ise filtre kağıdı kirlenmesi çok az olabileceği için 2 haftada bir filtre kağıdı değiştirilmiştir. (Şekil 3.2, Şekil 3.3)



Şekil 3.2 MODEL 100E UV Florasan SO₂ Analizörü İçinden Görünüm



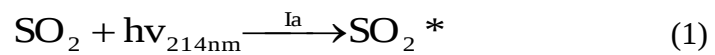
Şekil 3.3 MODEL 100E UV Florasan SO₂ Analizörü ve Kalibrasyon Tüpleri

3.2.1. Ölçüm Prensihi

3.2.1.1 SO₂ Ultraviyole Florasan

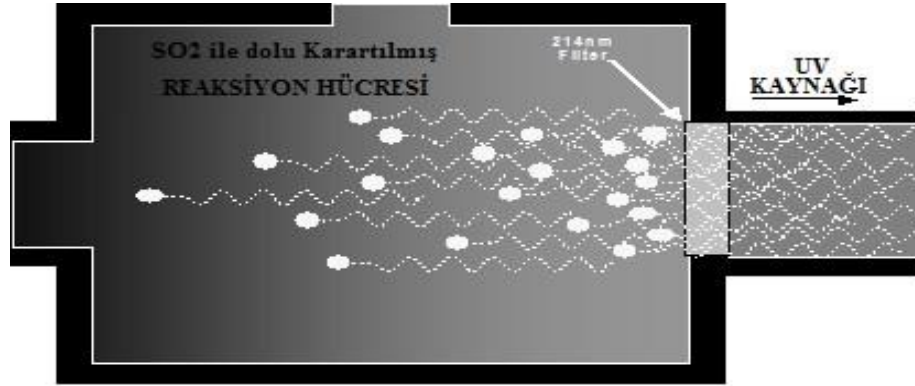
M100E ölçüm metodunun dayandığı fiziki prensip, kükürt dioksidin, 190 nm – 230 nm dalga boyları arasındaki Ultraviyole ışığıyla uyarılmış duruma geçtiğinde ortaya çıkan ışımadır. Bu reaksiyon iki adımlı bir prosestir.

İlk aşama (Eşitlik 1), SO₂ moleküllerine uygun ultraviyole dalga boyundaki fotonların çarpmasıyla oluşur. Model 100E’de, UV ışık kaynağı ile etkilenen gaz arasındaki bir bant filtresi, ultraviyole ışığın dalga boyunu 214 nm’yle sınırlar. SO₂ molekülleri UV ışıktan bir miktar enerji soğururlar ki bu etkilenen her moleküldeki elektronlardan birinin daha yüksek bir enerji orbitaline geçmesine neden olur.



Numune odasındaki uyarılmış SO₂* durumuna dönüştürülen SO₂ miktarı, Ultraviyole ışığın ortalama yoğunluğuna (*I_a*) bağlıdır ve onun tepe yoğunluk

noktasına bağlı değildir. Çünkü UV ışığın yoğunluğu numune odasının her noktasında sabit değildir. Işık numune gaz içinde ilerlerken bazı fotonlar SO₂ tarafından absorbe edilir (Şekil 3.4).



Şekil 3.4 UV Absorpsiyonu

UV ışığının ortalama yoğunluğunu (I_a) tanımlayan eşitlik:

$$I_a = I_0 [1 - \exp(-ax(SO_2))] \quad (2)$$

Burada:

I_0 = Uyarıcı UV ışığının yoğunluğu.

a = SO₂ 'nin absorpsiyon katsayısı (bir sabit).

SO_2 = Numune odasında SO₂ konsantrasyonu.

x = UV kaynağı ile SO₂ etkilenen molekülü(leri) arasındaki mesafe (yol uzaklığı).

Bu reaksiyonunu ikinci aşaması SO₂'nin uyarılmış düzeye (SO₂*) çıkmasıyla meydana gelir. Sistem, mevcut en düşük enerji düzeyinde olmayı isteyeceğinden SO₂*, molekülü fazla enerjisini bir foton ($h\nu$) şeklinde atarak hızla taban düzeyine geri döner (Eşitlik 3). (bu florasan ışığın dalga boyu da ultraviyole bandındadır fakat 330 nm'de orta noktası olan biraz daha uzun (daha düşük enerji) bir dalga boyunda yer alır.



SO₂*'nin bozunmasıyla ortaya çıkan belirlenebilir UV'nin miktarı, bu reaksiyonunun oluşma hızına bağlıdır (*k*).

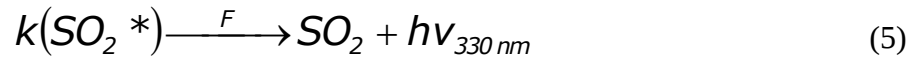
$$F = k(SO_2^*) \quad (4)$$

Burada:

F = Ortaya çıkan florasan ışığın miktarı.

k = SO₂*'nin SO₂'ye bozunma hızı.

SO₂* = Numune odasındaki uyarılmış SO₂ miktarı.



Son olarak, (***k***) fonksiyonu gazın sıcaklığından etkilenir. Gaz ne kadar sıcak olursa, moleküllerin tekrar taban düzeylerine dönmeleri o kadar hızlı olur ve birim zamanda o kadar fazla UV dalga boyunda foton çıkar.

Özet olarak, SO₂'nin absorpsiyon hızı sabit alındığında, ışımının miktarı (***F***) aşağıdakilerin bir sonucudur:

- Oluşan uyarılmış SO₂*'nin miktarı ki yukarıdaki Eşitlik 2'deki değişken faktörlerden etkilenir: SO₂ konsantrasyonu; UV ışığın yoğunluğu (***I₀***); UV ışığın aldığı yol (***x***) ve;
- Oluşan florasan ışık miktarı ki Eşitlik 5'deki değişken faktörlerden etkilenir: mevcut SO₂* miktarı ve gazın sıcaklığına göre değişen bozunma hızı (***k***).

Böylece, ışığın yoğunluğu (***I₀***) bilindiği zaman; uyarılmış ışığın aldığı yol (***x***) kısa ise; gazın sıcaklığı biliniyorsa ve SO₂* 'nin bozunması sabit olacak şekilde (***k***) ayarlanmışsa ve; bozucu koşullar yoksa (karışık bir gaz veya ışık kaçağı gibi); yayılan florasan ışığın miktarı (***F***) doğrudan Numune Odasındaki SO₂ konsantrasyonuna bağlıdır.

Model 100 E UV Florasan SO₂ Analizörü bu şartları sağlamak üzere özel olarak tasarlanmıştır.

- Işığın aldığı yol (***x***) kısadır.

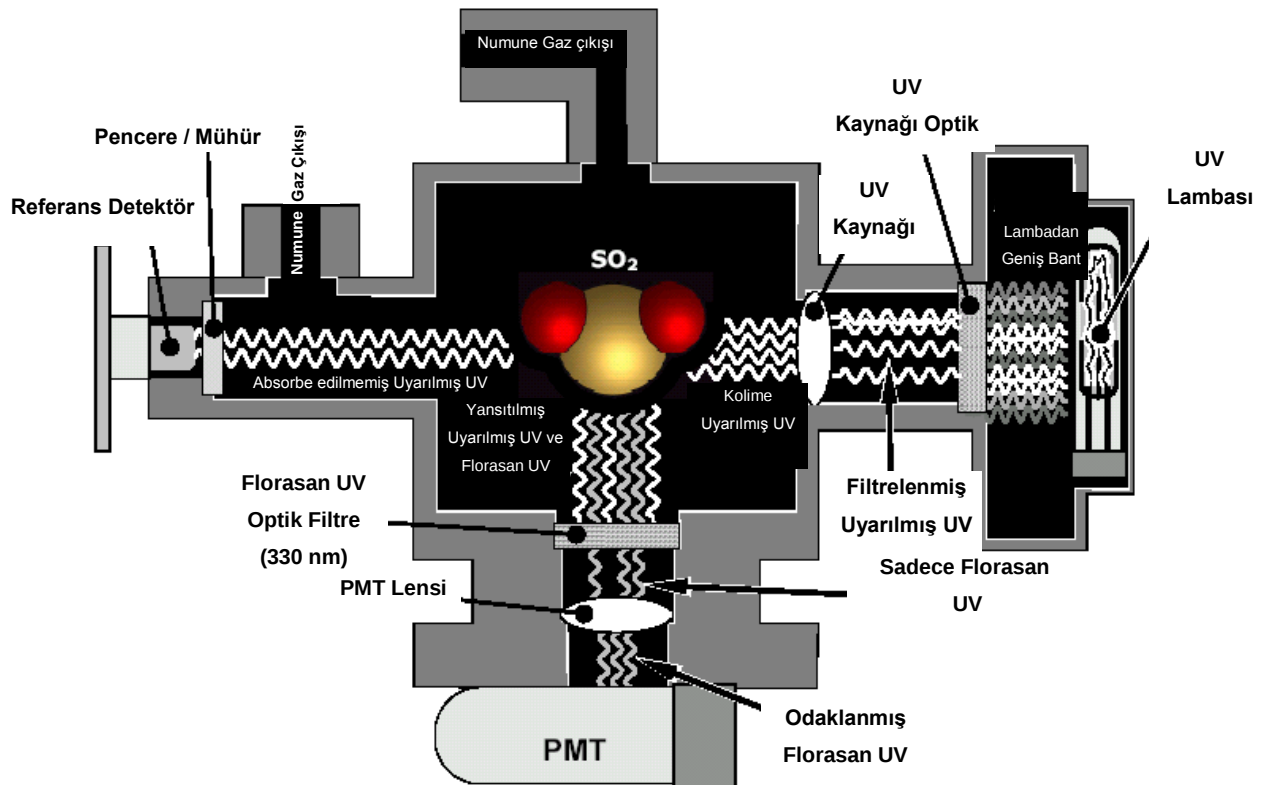
- Bir referans detektör mevcut UV ışığı uyarımının yoğunluğunu ölçer ve lamba kayması (I_0) etkisini ortadan kaldırmak için kullanılır.
- Numune gazın sıcaklığı, bozunma hızı (k) sabit olacak şekilde, numune odasına takılan ısıtıcılar yoluyla ölçülür ve kontrol edilir.
- Özel bir hidro karbon temizleyici, en yaygın karıştırıcı gazları numune gazdan uzaklaştırır.
- Nihayet, numune odasının tasarımı, optik geometrisinden ve spektral filtrelemeden kaçan ışığın etkilerini azaltır.

Net sonuç, UV florasanındaki değişkenliğin, doğrudan numune gaz içindeki SO_2 konsantrasyonundaki değişikliğe bağlı olmasıdır.

3.2.1.2. UV Işık Yolu

Model 100E'nin numune odasının optik tasarımı, SO_2 ve UV ışık arasındaki reaksiyonu optimize eder (Eşitlik 2'deki gibi) ve cihazın florasan detektörü tarafından sadece SO_2^* 'nin SO_2 'ye bozunmasından gelen UV ışığın algılanmasını güvence altına alır (Şekil 3.5).

UV ışıması, SO_2 'yi SO_2^* 'ye uyarmak için gerekli olan dalga boyunda (330 nm) azami miktarda ışık üretmek için özel olarak üretilmiştir ve özel bir referans detektör devresi sürekli lamba yoğunluğunu ölçer. Bir Işın Çoğaltıcı Tüp (PMT), SO_2^* bozunmasından gelen UV'yi (214 nm.) belirler ve analog bir sinyal üretir. Birkaç odaklama lensi ve optik filtreler, her iki detektörün de optimum miktarda sadece doğru UV dalga boylarına maruz kalmalarını sağlar. Bundan başka, PMT'nin sadece SO_2^* bozunmasından gelen ışığı belirlemesini sağlamak için, uyarıcı UV'nin ve PMT'nin görüş alanını birbirine diktir ve numune odasının iç yüzeyleri kaçak ışığı absorbe eden siyah bir teflonla kaplanır.



Şekil 3.5 UV Işık Yolu

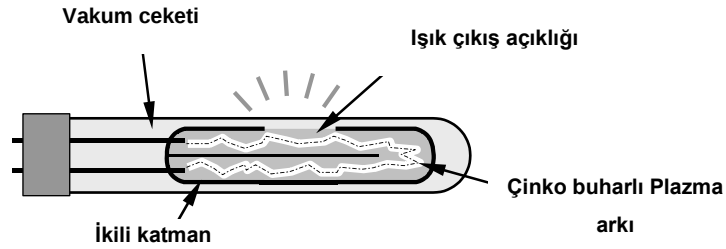
3.2.1.3. UV Kaynak Lambası

Model 100E'nin uyarıcı UV ışık kaynağı, düşük basınçlı çinko buharı lambasıdır (Şekil 3.6). Bir AC gerilimi lamba elemanında bulunan çinkoyu ısıtıp buharlaştırarak, ışık oluşturan bir plazma arkı yaratır. Çinko buharı lambaları, SO_2 'yi SO_2^* 'a dönüştürmek için gerekli dalga boyunda, 213.9 nm güçlü emisyonlar ürettiği için daha yaygın cıva buharlı lambalardan daha çok tercih edilir.



Şekil 3.6 UV Lamba

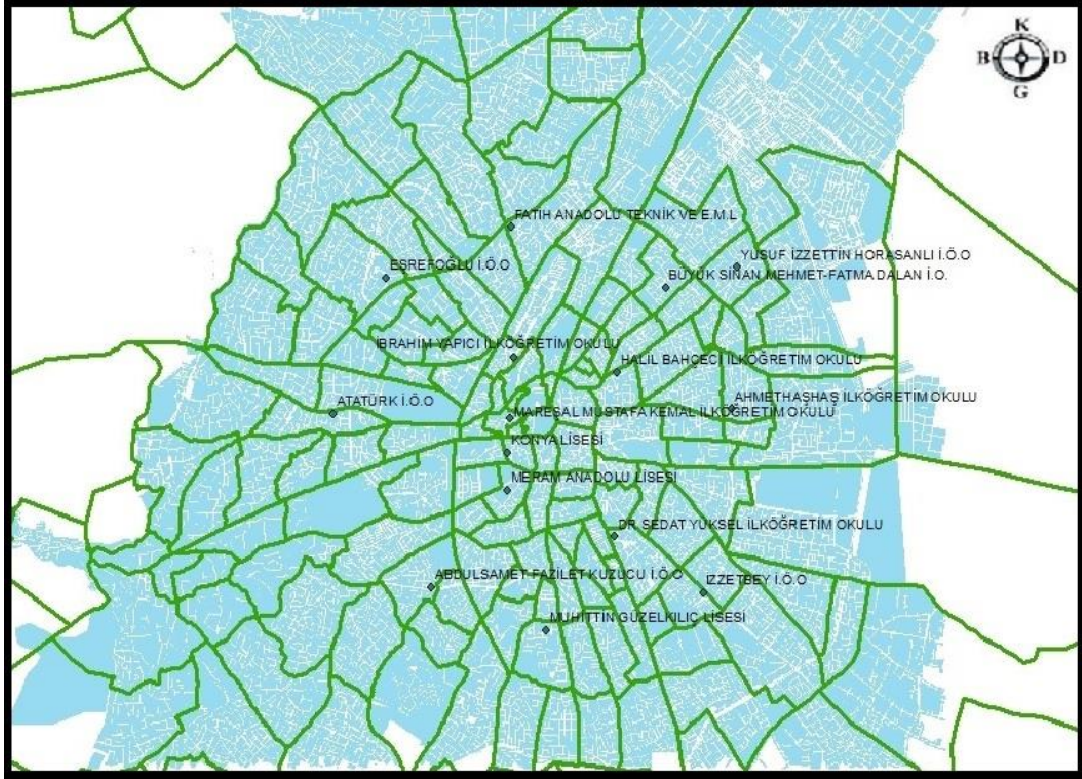
Model 100E’de kullanılan lamba (Şekil 3.7), iki katmanlı lamba elemanını saran bir vakum ceket olmak üzere yapılmıştır. Vakum ceketini plazma arkını pek çok harici sıcaklık dalgalanmalarından izole eder. Ceket ayrıca çalışan lambalarda üretilen ısı enerjisi içerir ve böylece lambanın ısınmasına ve uygun buharlaşma sıcaklığına yardım eder. Işık 20 mm x 5 mm’lik bir açıklıktan yayılır.



Şekil 3.7 Kaynak UV Lambası Grubu

3.2.2. Pasif Örnekleyicilerin Yerleştirilmesi

Ayrıca bu çalışmada ölçüm çalışmalarında basit, kolay taşınabilir ve ucuz olmalarının yanı sıra, elektrik gücüne ihtiyaç duyulmaksızın örnekleme imkânı sağlamaları nedeniyle pasif örnekleme yöntemi kullanılmıştır. 4 mevsimi de temsil edecek şekilde belirlenen tarihlerde 4 periyot da pasif örnekleyiciler kullanılarak önceden konumlarına göre belirlenen 15 farklı noktada ölçüm işlemleri gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.8). Örnekleme noktaları seçilirken, okulların şehrin hava kalitesinin yüksek, düşük ve ortalama seviyelerde olduğu farklı bölgelerde olmasına dikkat edilmiştir. Okulların konumu ve civarındaki trafik yoğunluğu, bölgenin ısınma şekli vb. faktörler de örnekleme yapılacak okulların seçiminde önemli faktörleri oluşturmuştur.



Şekil 3.8 Pasif Örnekleme için seçilen İstasyonlar

Seçilen noktalar ArcGIS 10.2 programı kullanılarak Konya ili haritası üzerinde gösterilmiştir. Örnekleme çalışmalarında, NO_2 ve SO_2 bileşenleri teflon malzemeden yapılmış tek bir örnekleyicide, ozon ise farklı plastik malzemeden (deldrin) yapılmış ayrı bir örnekleyicide toplanmıştır. Sadece malzemesi farklı olan pasif örnekleyiciler 2 cm iç çap ve 2,5 cm yüksekliğe sahip “badge” tip örnekleyicilerdir (Şekil 3.9), (Özden 2005). Söz konusu örnekleyiciler, Bertoni ve ark. (2000) tarafından ilk kez BTX’lerin (benzen, toluen, ksilen) belirlenmesine yönelik olarak geliştirilmiş ve ANALYST® ismiyle patent almış pasif örnekleyicinin modifiye edilmiş şeklidir (Yay ve ark. 2008).



Şekil 3.9 Plastik pasif örnekleyici ve parçaları (Özden ve ark. 2008)

Her bir örnekleme noktasına yerleştirilen pasif örnekleyiciler yağmur rüzgâr vb. gibi etmenlerin ölçüm üzerindeki etkilerini minimuma indirmek amacıyla üzeri kapalı koruyucu shelterler altında açık uçları aşağıya gelecek şekilde yerleştirilmiştir (Şekil 3.10). Ayrıca, tüm örnekleme noktalarında örnekleyici konumlarının (yükseklik, nokta kaynaklara uzaklık, derslik yerine idareci odaları vb.nin seçilmesi, çok yakın mesafede ağaç vb. engellerin olmaması) mümkün olduğunca aynı olmasına dikkat edilmiştir.



Şekil 3.10 Pasif örnekleyicilerin örnekleme esnasındaki konumları

NO₂, SO₂ ve ozon seviyeleri ölçümü için kullanılan pasif örnekleyicilerin hazırlanması ve analizleri Anadolu üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümünde, 3.2.3. Örnekleyicilerin hazırlanması ve analizi başlığında anlatıldığı şekilde yaptırılmıştır.

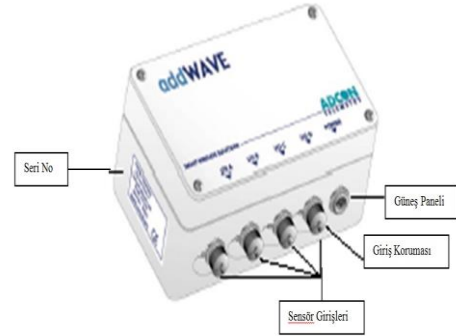
3.2.3. Pasif Örnekleyicilerin hazırlanması ve analizi

NO₂-SO₂ örneklerinin hazırlanmasında, Whatman GF/A filtre kağıtları % 20 trietilenamin (TEA) sulu çözeltisi ile, ozon örneklerinin hazırlanmasında ise % 1 NaNO₂ + % 2 Na₂CO₃ + % 2 gliserol sulu çözeltisi ile kaplanmıştır. Kurutulan filtre kâğıtları, 5 mm kalınlığındaki yüzüklerle örnekleyici tabanına sabitlenmiş ve örnekleyicilerin kapakları kapatılıp hazır hale getirilmiştir.

İki haftalık örnekleme periyodu sonrasında, örnekleme noktalarından toplanan örnekleyiciler laboratuvara ağızları kapalı bir şekilde getirilerek Dionex® 2500 İyon Kromatografi cihazında(IC) ikincil analizleri gerçekleştirilmiştir. Analiz öncesinde, filtre kağıtları NO₂-SO₂ örnekleri için 10 mL ultra saf su (Milli-Q) + 0,3 mL % 35 H₂O₂ ile, ozon örnekleri için 5 mL ultra saf su ile 15 dakika ekstrakte edilmiştir. Analizlerde NO₂ bileşeni NO₂⁻, SO₂ bileşeni SO₄⁻² ve ozon bileşeni NO₃⁻ iyonları şeklinde belirlenmiş ve belirlenen iyon derişimleri (µg mL⁻¹), ekstraksiyon hacimleri ile çarpılarak örnekleme süresi boyunca tutulan NO₂⁻, SO₄⁻² ve NO₃⁻ miktarları (µg) hesaplanmıştır. Daha sonra, Fick'in 1. Yayınırılık Yasası kullanılarak atmosferdeki NO₂, SO₂ ve O₃ derişimleri (µg m⁻³) hesaplanmıştır.

3.3. Meteorolojik Parametrelerin Ölçümü

Hava kalitesi ölçümünde en önemli hususlardan biri de meteorolojik ölçümlerin yapılmasıdır. Çünkü unutulmamalıdır ki hava kirleticilerin yayılımı ve taşınımı tamamen meteorolojik olaylarla gerçekleşmektedir. Meteorolojik ölçüm cihazlarının doğru yerleştirilmesi, kirletici maddelerin dağılımı ile ilgili ilişki kurmayı mümkün kılar. Genel olarak, meteorolojik ölçüm cihazlar, engelleyici yapılardan etkilenmeyecek şekilde yerleştirilmelidir.



Şekil 3.11 Adcon Telemetry A 733 Meteoroloji İstasyonu

Adcon Telemetry A 733 Meteoroloji İstasyonu (Şekil 3.11), SO₂ ölçümlerinin yapıldığı Konya Büyükşehir Belediyesi Çevre Koruma Daire Başkanlığı'na ait Hava Kalitesi İzleme İstasyonu dışına kurularak meteorolojik parametreler (Atmosferik Basınç, Sıcaklık, Rüzgâr Hızı, Nispi Nem ve Yağış) ölçülmüştür. Radyasyon, Toplam Güneşlenme, bulut yüksekliği verileri ise Konya Meteoroloji 8. Bölge Müdürlüğünden alınarak parametre olarak kullanılmıştır.



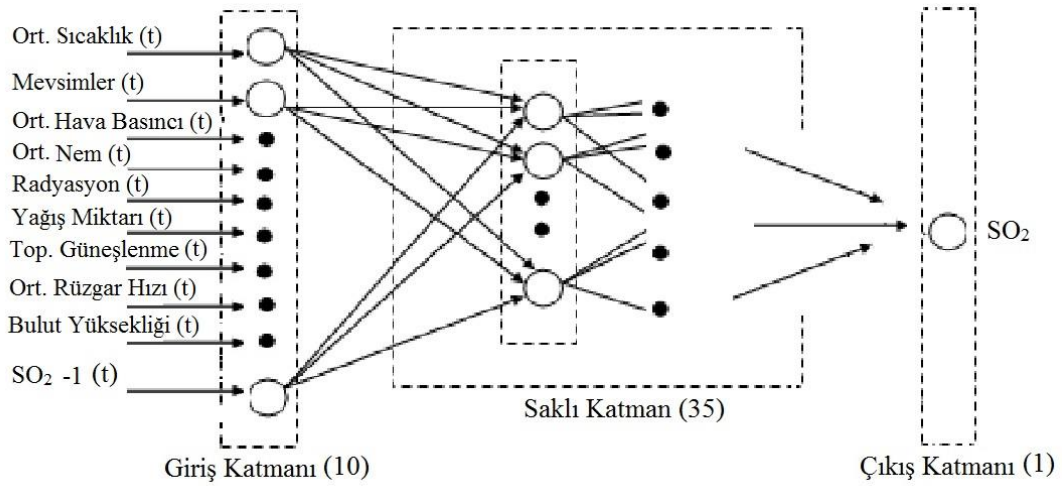
Şekil 3.12 Oregon Scientific WMA200A Meteoroloji İstasyonu

Oregon Scientific WMR200A (Şekil 3.12) meteoroloji istasyonu kurularak Atmosferik Basınç, Sıcaklık, Rüzgâr Hızı, Nispi Nem ve Yağış parametreleri ölçülmüştür. Ölçülen meteorolojik sonuçları Konya Meteoroloji 8. Bölge Müdürlüğü tarafından yapılan ölçümlerle karşılaştırılmıştır. Sonuçların birbirleriyle örtüştüğü gözlenmiştir. Tüm noktaların hesaplama işlemi için gerekli olan günlük ortalama sıcaklık değerleri Oregon Scientific WMR200A cihazı ile alınan günlük ortalama sıcaklık verileriyle yaptırılmıştır.

3.4. Yapay Zekâ Yöntemleri ile Modelleme

3.4.1. M100E UV florasan SO₂ analizörü ölçümü ile yapılan SO₂ sonuçlarıyla hazırlanan yapay sinir ağları (YSA)

MATLAB içinde Yapay Sinir Ağı toolbox'ın da aşağıdaki Şekil 3.13 bulunan 10 parametre model için girdi parametreleri olup çıktı olarak 1 gün sonraki SO₂ konsantrasyonu tahmin edilmiştir. Ayrıca meteorolojik verilerin bulunduğu güne ait SO₂ konsantrasyonu da (yani tahmin edilen günden önceki günün kirlilik seviyesi) girdi olarak kullanılmış, böylelikle kirlilik parametresinin atmosfer ortamındaki sürekliliğinin olası etkisi de modele dâhil edilmiştir. Yani bugünün hava kirliliği seviyesinin bir sonraki güne ait hava kirliliği seviyesine etkisi bu parametre ile modele dâhil edilmiştir.



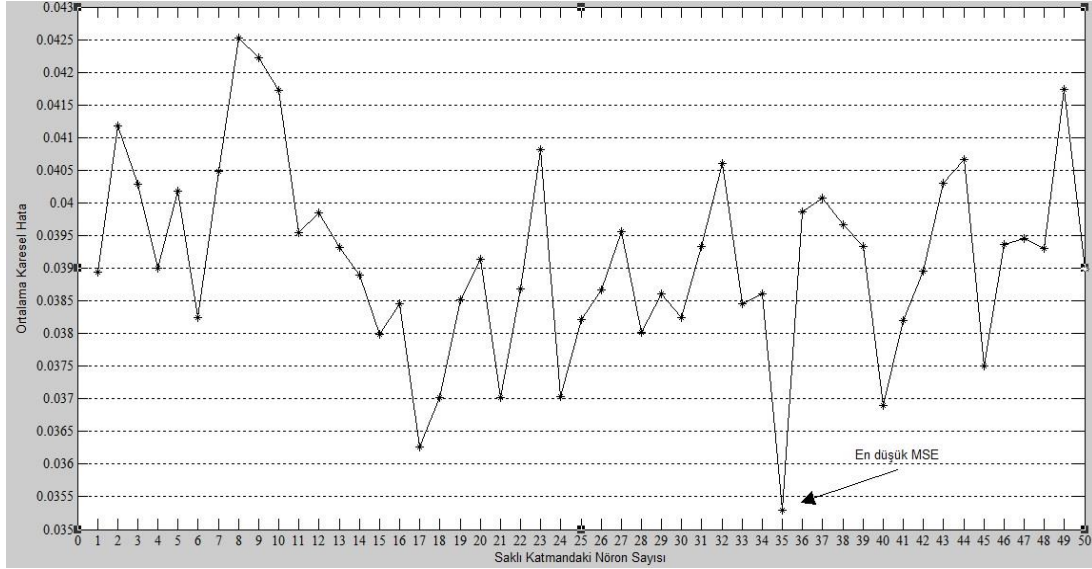
Şekil 3.13 Kullanılan YSA modelinin topolojik yapısı

Bu parametrelerle oluşturulan YSA modelinde giriş katmanı 10 nöron, çıkış katmanı da SO_2 konsantrasyonunu temsil eden 1 nöron dan oluşmaktadır. Saklı katmanda (gizli katman) nöron sayısı ise 1 ile 50 arasında hata performansları (MSE, mean square error) 5'er fold hesaplanarak Ortalama MSE'leri bulunmuştur (Tablo 3.1)

Tablo 3.1 Gizli Düğüm sayısı, her bir fold için hesaplanan MSE Değerleri

GD Sayısı	1	2	3	4	5	MSE Ort.
1	0.0383	0.0372	0.0398	0.0414	0.038	0.03894
2	0.0392	0.042	0.0393	0.0424	0.043	0.04118
3	0.0403	0.0435	0.0406	0.0398	0.0372	0.04028
4	0.0371	0.037	0.0423	0.0397	0.0389	0.039
5	0.0502	0.0386	0.0361	0.0384	0.0376	0.04018
6	0.0357	0.0369	0.04	0.0391	0.0395	0.03824
7	0.0393	0.0328	0.0463	0.0471	0.0369	0.04048
8	0.0413	0.0501	0.0406	0.0413	0.0393	0.04252
9	0.0511	0.0408	0.0432	0.0398	0.0362	0.04222
10	0.0454	0.0378	0.0421	0.0454	0.0379	0.04172
11	0.0353	0.0429	0.0363	0.0441	0.0391	0.03954
12	0.0395	0.0373	0.0444	0.04	0.038	0.03984
13	0.0419	0.0372	0.0376	0.042	0.0379	0.03932
14	0.0472	0.0383	0.0337	0.0406	0.0347	0.0389
15	0.0401	0.0369	0.0364	0.0396	0.0369	0.03798
16	0.0357	0.04	0.0391	0.0394	0.0381	0.03846
17	0.0312	0.0387	0.0345	0.0333	0.0436	0.03626

18	0.0368	0.0359	0.0392	0.0382	0.035	0.03702
19	0.0378	0.0401	0.036	0.0413	0.0374	0.03852
20	0.0449	0.0379	0.0371	0.0415	0.0343	0.03914
21	0.039	0.0363	0.0371	0.0374	0.0353	0.03702
22	0.0388	0.0379	0.0386	0.0411	0.037	0.03868
23	0.0416	0.0435	0.0384	0.0393	0.0413	0.04082
24	0.0339	0.0356	0.0361	0.0401	0.0395	0.03704
25	0.0355	0.0378	0.0392	0.04	0.0386	0.03822
26	0.034	0.0426	0.0396	0.0357	0.0414	0.03866
27	0.0444	0.037	0.0367	0.0431	0.0366	0.03956
28	0.0371	0.0379	0.0352	0.0409	0.039	0.03802
29	0.0383	0.0373	0.0411	0.0357	0.0406	0.0386
30	0.0378	0.0373	0.0379	0.0408	0.0374	0.03824
31	0.0428	0.0366	0.0391	0.042	0.0362	0.03934
32	0.0408	0.0464	0.0316	0.0385	0.0457	0.0406
33	0.0386	0.0383	0.0368	0.0396	0.039	0.03846
34	0.0382	0.0399	0.0371	0.0401	0.0377	0.0386
35	0.0335	0.0381	0.0373	0.0322	0.0354	0.0353
36	0.0435	0.0372	0.039	0.0424	0.0372	0.03986
37	0.0396	0.0367	0.0395	0.0468	0.0378	0.04008
38	0.044	0.0345	0.0404	0.0389	0.0405	0.03966
39	0.0379	0.036	0.0382	0.044	0.0406	0.03934
40	0.0367	0.0383	0.0348	0.0387	0.036	0.0369
41	0.0385	0.0404	0.0363	0.0422	0.0336	0.0382
42	0.0386	0.0372	0.0404	0.0417	0.0369	0.03896
43	0.0454	0.0382	0.0378	0.0392	0.0409	0.0403
44	0.0344	0.0425	0.0379	0.0438	0.0447	0.04066
45	0.0382	0.0366	0.0405	0.0355	0.0367	0.0375
46	0.0442	0.036	0.0395	0.0418	0.0353	0.03936
47	0.0345	0.0373	0.0475	0.0405	0.0375	0.03946
48	0.0378	0.0365	0.0398	0.0437	0.0387	0.0393
49	0.0445	0.0354	0.0459	0.0452	0.0377	0.04174
50	0.0393	0.0373	0.0365	0.0382	0.0436	0.03898



Şekil 3.14 Ortalama Karesel Hata- Saklı Katmandaki Nöron Sayısı

Ortalama Karesel Hata- Saklı Katmandaki Nöron Sayısı grafiği (Şekil 3.14) çizildiğinde en düşük MSE değeri 35 nöronlu saklı katmanda görüldüğü için saklı katmandaki nöron sayısı da 35 olarak alınmıştır.

YSA'ların en belirgin özelliklerinden olan doğrusal olmama özelliğini anlamlı kılan yaklaşım verilerin bir normalizasyona tabii tutulmasıdır. Verilen normalizasyonu için seçilen yöntem YSA performansını doğrudan etkileyecektir. Çünkü normalizasyon, giriş verilerinin transfer edilirken fonksiyonun aktif olan bölgesinden aktarılmasını sağlar. Veri normalizasyonu, işlemci elemanlarını verileri kümülatif toplamların oluşturacağı olumsuzlukların engellenmesini sağlar. Veri normalizasyonu, işlemci elemanlarını verileri kümülatif toplamlarla koruma eğilimleri nedeniyle zorunludur ve aşırı değerlendirilmiş kümülatif toplamların oluşturacağı olumsuzlukların engellenmesini sağlar. Genellikle verilerin $[0,1]$ veya $[-1,+1]$ aralıklarından birine ölçeklendirilmesi önerilmektedir. Ölçekleme verilerin geçerli eksen sisteminde sıkıştırılması anlamı taşıdığından veri kalitesi aşırı sınımlar içeren problemlerin YSA modellerini olumsuz yönde etkileyebilir. Bu olumsuzluk, kullanılacak öğrenme fonksiyonunu da başarısız kılabilir. Örneğin, Bir transfer fonksiyonuna uygulanan girişler ile ağırlıkların çarpım toplamının 10 ve 100 olduğunu farz edelim. Bu toplamı bir tanjant hiperbolik fonksiyonundan geçirdiğimizde;

$$y = \tanh(10) = (e^{10} - e^{-10}) / (e^{10} + e^{-10}) = 1.000000 \quad (1)$$

ve

$$y = \tanh(100) = (e^{100} - e^{-100}) / (e^{100} + e^{-100}) = 1.000000 \quad (2)$$

sonuçları elde edilir. Görüldüğü gibi, 10 ve 100 skalar değerlerine karşılık gelen fonksiyon sonuçları arasında fark yoktur. Bu durumda da, birbirinden oldukça farklı skalar değerler sistemde sanki aynı değerlermiş gibi ele alınacak ve hem uygulama hem de öğrenme algoritması açısından olumsuz sonuçlar ortaya çıkacaktır. Bunun için, X veri kümesi [-1 +1] ya da [0 1] aralığına ölçeklendirilmelidir. Veri kümesinin [0 1] arasında bir ölçeklendirmeye tabi tutulabilmesi için o kümenin $X_{\min}$ $X_{\max}$ aralığı bulunur ve aşağıdaki formüle göre ölçeklendirme yapılabilir.

$$X_{\text{yeni}} = \frac{X - X_{\min}}{X_{\max} - X_{\min}} \quad (3)$$

3.4.2. Pasif Örnekleyicilerle ölçülen dönemlik SO₂ sonuçlarıyla hazırlanan yapay sinir ağları (YSA)

Lin ve Lee (1995), Yapay Sinir Ağları'nın (YSA) insan beynine benzer bazı örgütsel prensiplerin kullanımını yapmak için oluşturulan sistemler olduğunu ifade etmişlerdir. YSA, son derece birbirine bağlantılı sinyallerin veya bilgi işleme ünitelerinin basit bir serisini meydana getiren hesaplama sistemleridir. Bu çalışmada, Konya'daki SO₂ konsantrasyonunun hesaplanmasında hatanın çok katmanlı geri yayımlı algoritması (Back-propagation Multi Layer Perceptron (BPMLP)) kullanıldı. BPMLP'nin, belirli bir örnekleme seti terimlerinde ifade edilebilen spesifik bir doğrusal olmayan haritalamayı gerçekleştirdiği varsayılır. Bu algoritmanın öğrenme prosesi, bütün sinaptik ağırlıkların, mevcut çıktı sinyalleri ve istenilen sinyaller arasındaki farkın -bütün öğrenme örnekleri için ortalandığı zaman-mümkün olduğu kadar küçük olacağı şekilde bir adaptasyondur. Standart BPMLP

algoritması, aşağıdaki fonksiyonu kullanarak bulunan datanın ortalama kare hatasını minimize etmek için en hızlı asıl algoritmasını kullanır.

p 'inci örnek için hata fonksiyonu denklem 1'de gösterilmiştir.

$$E_p = \frac{1}{2} \sum_{j=1}^{n_3} (d_{jp} - y_{jp})^2 = \frac{1}{2} \sum_{j=1}^{n_3} e_{jp}^2 \quad (1)$$

e_{jp} , d_{jp} ve y_{jp} 'nin kare hatası verdiği yer, p 'nin öğrenme örneği için, sırayla istenen çıktı ve gerçek çıktıdır. Global hata fonksiyonu, bütün öğrenme örnekleri için toplanabilir ve denklem 2'de verildiği gibi giriş katmanı için gösterilebilir.

$$E_{total} = \sum_p E_p = \frac{1}{2} \sum_p \sum_j e_{jp}^2 \quad (2)$$

Bu çalışmada, çevrimiçi bir algoritma ağırlıkları güncellemek için kullanıldı. Algoritma her öğrenme örneği için bir girdi olarak verildi; bütün ağırlıklar, bir sonraki öğrenme örneği verilmeden önce güncellendi. Bütün sinaptik ağırlıklar w_{ji} , denklem 3'de verilen Δw_{ji} miktarına değiştirildi.

$$\Delta w_{ji} = -\gamma \frac{\partial E_p}{\partial w_{ji}}, \quad \gamma > 0 \quad (3)$$

γ , öğrenme parametresidir. Diğer taraftan, güncelleşmiş bir formül, ağırlıklar için denklem 4'de verildiği gibi, elde edilebilir.

$$\Delta w_{ji} = \gamma \delta_j z_i \quad (4)$$

δ_j gizli nöronun lokal gradyanı, j ve z_i , nöral " i "nin çıktısındaki fonksiyon sinyalidir. Bu nöral " i " nin çıktısındaki fonksiyon sinyal z_i , doğrusal olmayan bir aktivasyon fonksiyonundan, nöron " i "ye kadarki girdilerin ağırlıklı toplamalarını aşarak elde edilir.

Bu çalışmada, seçili aktivasyon fonksiyonu, denklem 5'te gösterilen tek kutuplu sigmoid fonksiyonudur (Tablo 3.2).

$$x_i = \frac{1}{1 + \exp(-c_i u_i)} \quad (5)$$

c_i sabit değerdir. Denklem 5'te, u_i nörona girdilerin ağırlıklı toplamıdır ve ilk gizli katman için, Denklem 6'da verildiği gibi tanımlanabilir.

$$u_i = \sum_{j=1}^{n_0} w_{ij} x_j + \theta_i \quad (6)$$

Tablo 3.2 Yapay Sinir Ağları Ağırlıkları

Parametreler	Ağırlıklar									
x_1	-0.0745	-0.4012	0.6985	1.0679	-0.3238	-0.3238	0.2325	0.0539	0.4663	0.1867
x_2	-0.5163	1.117	-0.2229	1.0786	-1.6867	-0.3231	-0.8394	-1.2041	-0.4246	1.0573
x_3	0.8364	0.6142	-0.9193	1.5696	1.8551	0.9693	-0.5563	-0.3928	0.4743	1.4853
x_4	-0.8523	-1.086	-0.9248	-0.7285	0.5453	-0.7788	-0.8375	0.9956	1.143	0.5562
x_5	-1.3732	-1.0437	-0.7024	-0.5977	-1.1465	0.7226	-1.2168	-2.0942	-0.0685	1.5494
x_6	-0.7316	-0.5138	-0.8306	-0.5781	0.3434	1.2207	0.1655	-0.5287	-0.6497	-1.2183
x_7	-0.1397	-1.4261	1.0431	0.3899	0.2175	1.3131	-0.9302	0.20467	1.4221	1.5075
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...

Eğilim değerinin ve x_j , j 'inci giriş modeli bileşenidir. İç gizli katmanın yerel hatası üst katmandaki yerel hatalara dayalı olarak belirlenir.

En yüksek çıktı katmanı φ_j , j 'inci nöronun çıktı katmanındaki yerel eğiminin bir vektörü olarak hesaplandı. Bu hesaplama için formül denklem 7'de gösterilmiştir.

$$\delta_j^{out} = (d_{jp} - y_{jp}) \frac{\partial \Psi_j^{out}}{\partial u_j} \varphi_j = (d_j - y_j) \frac{\partial \Psi_j}{\partial u_j} \quad (7)$$

Burada δ çıkış katmanındaki sigmoid fonksiyondur. Çok katmanlı geri beslemeli öğrenme algoritmasının (MLPBP) geliştirilmesinin bir yolu, dış etkenlerin etkilerinin azaltılmasıdır. Diğer bir ifadeyle, momentum terimini eklenerek; eşitlik aşağıdaki gibi tanımlanır:

$$\Delta w_{ji}(k) = \gamma \varphi_j z_i + \alpha \Delta w_{ji}(k-1) \quad (8)$$

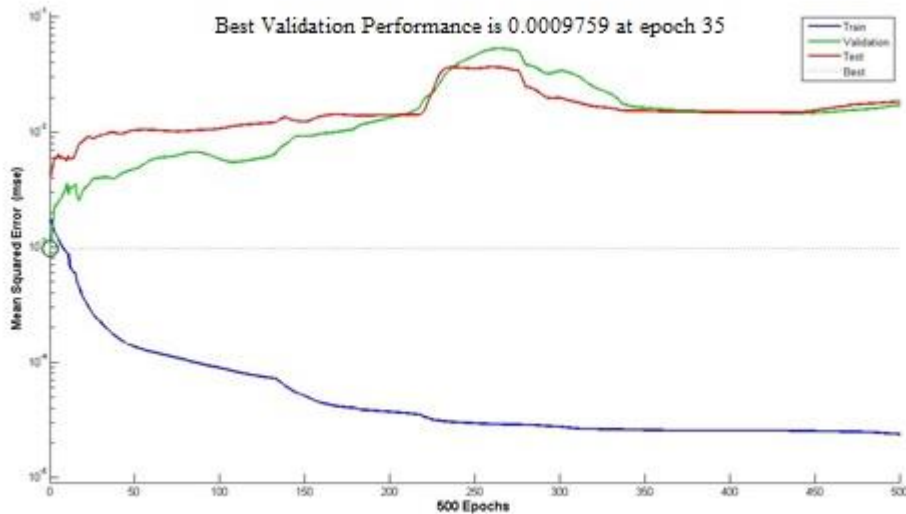
$0 \leq \alpha < 1$ iken

Denklem 8'deki ikinci terim momentum terimi olarak adlandırılır ve mevcut k terimini daha önceki $(k-1)$ yönünün deneysel ağırlıklı ortalamasının dönüştürülmesi sağlar. Bu terim, öğrenme parametresine (γ) etkileri azaltarak algoritmanın istenen çözüme yaklaşmasını engelleyen parazit salınımları giderir. Böylece, bu terim yaklaşma oranının ve çok katmanlı geri beslemeli öğrenme algoritmasının stabilitesinin geliştirilmesini sağlar.

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI

4.1 M100E UV Florasan SO₂ Analizörü ölçümü ile SO₂ Tahmini için hazırlanan Yapay Sinir Ağı Modeli

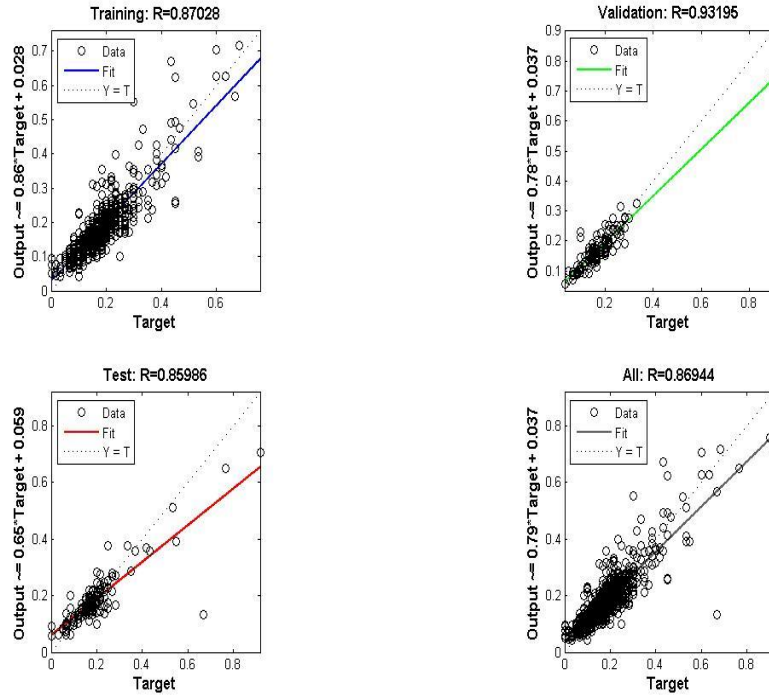
Yapay sinir ağı programının eğitimi şu şekilde yapılmıştır. Yineleme sayısı 35’den itibaren 50’ e kadar doğrulama hatası arttığı için programın çalıştırılması durdurulmuş ve eğitim hataları, doğrulama hataları ve test hatalarının grafiği Şekil 4.1’de gösterilmiştir. Bu örnekte sonuç, aşağıdaki değerlendirmelerden dolayı mantıklıdır: Son ortalama kareler hatası yeterince küçüktür. Test seti hatası ve doğrulama seti hataları da benzer özelliğe sahiptir.



Şekil 4.1 Eğitim, doğrulama ve test hataları

Şekil 4.2 Eğitim, test ve doğrulama çıktıları için R değerleri şu şekilde sıralanmaktadır; R-değeri eğitim için 0,87028, test için 0,8598 ve doğrulama için

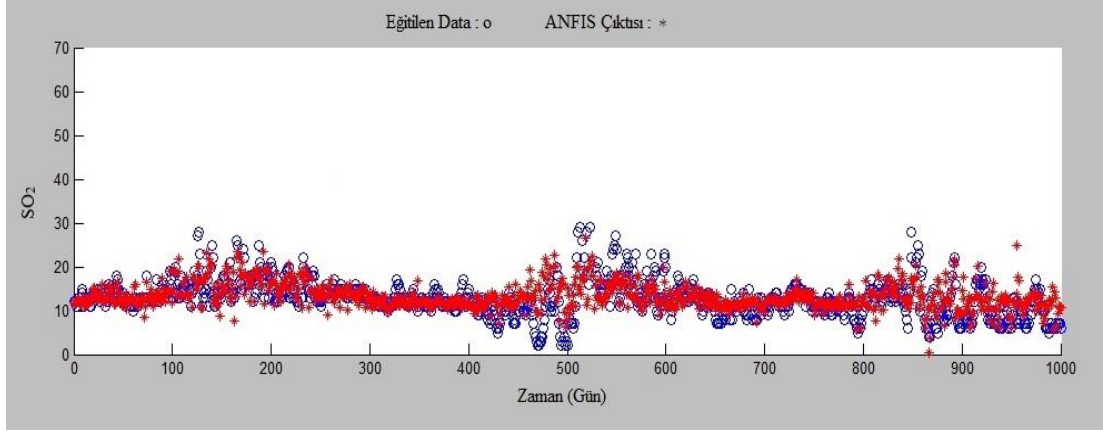
0,93195 ve diğer taraftan genel karşılık değeri ise 0,8694'dür. Güvenilir sonuçlara ulaşmak için, ilk ağın etkisi ve sapmalar yeni değerlerle test edilerek tekrar eğitilmiştir.



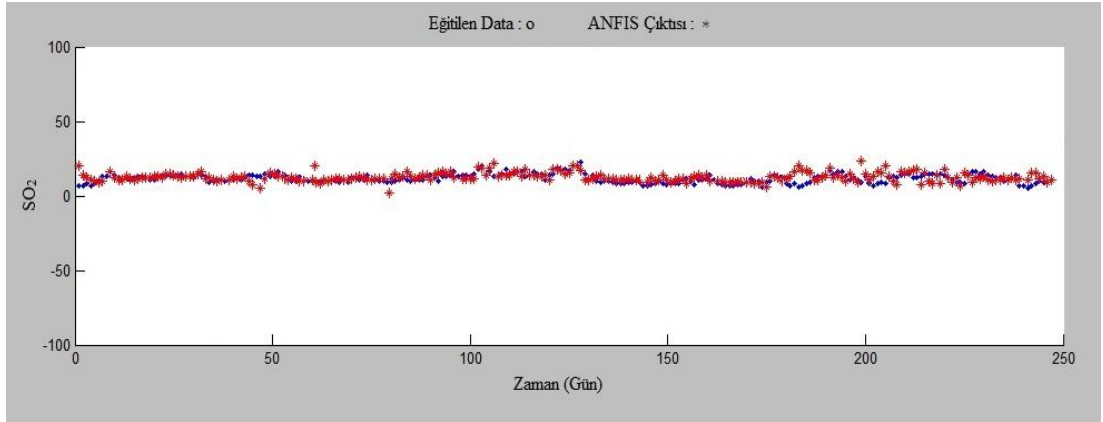
Şekil 4.2 Eğitim, doğrulama, test hataları ve genel R değerleri

4.2 M100E UV Florasan SO₂ Analizörü ölçümü ile SO₂ Tahmini için hazırlanan Adapte Edilebilir Bir ANFIS Modeli (An Adaptive Neuro-Fuzzy Model)

Bir ANFIS modeli geliştirmek için, girdi ve çıktı parametreleri belirlenir ve öğrenme algoritmasında gösterilir. ANFIS modeli optimizasyon metodu, üyelik fonksiyonları ve kural sayılarını belirlemek için, alt küme algoritması sağlayan bir hibrit-öğrenme algoritmasıdır. Burada veri seti 2 parçaya bölünüp; büyük bir kısmı, 998 veri (% 80) (Şekil 4.3), algoritma eğitimi için kullanıldı, 249 veri (% 20) kontrol verisi (Şekil 4.4) olarak kullanılmıştır.

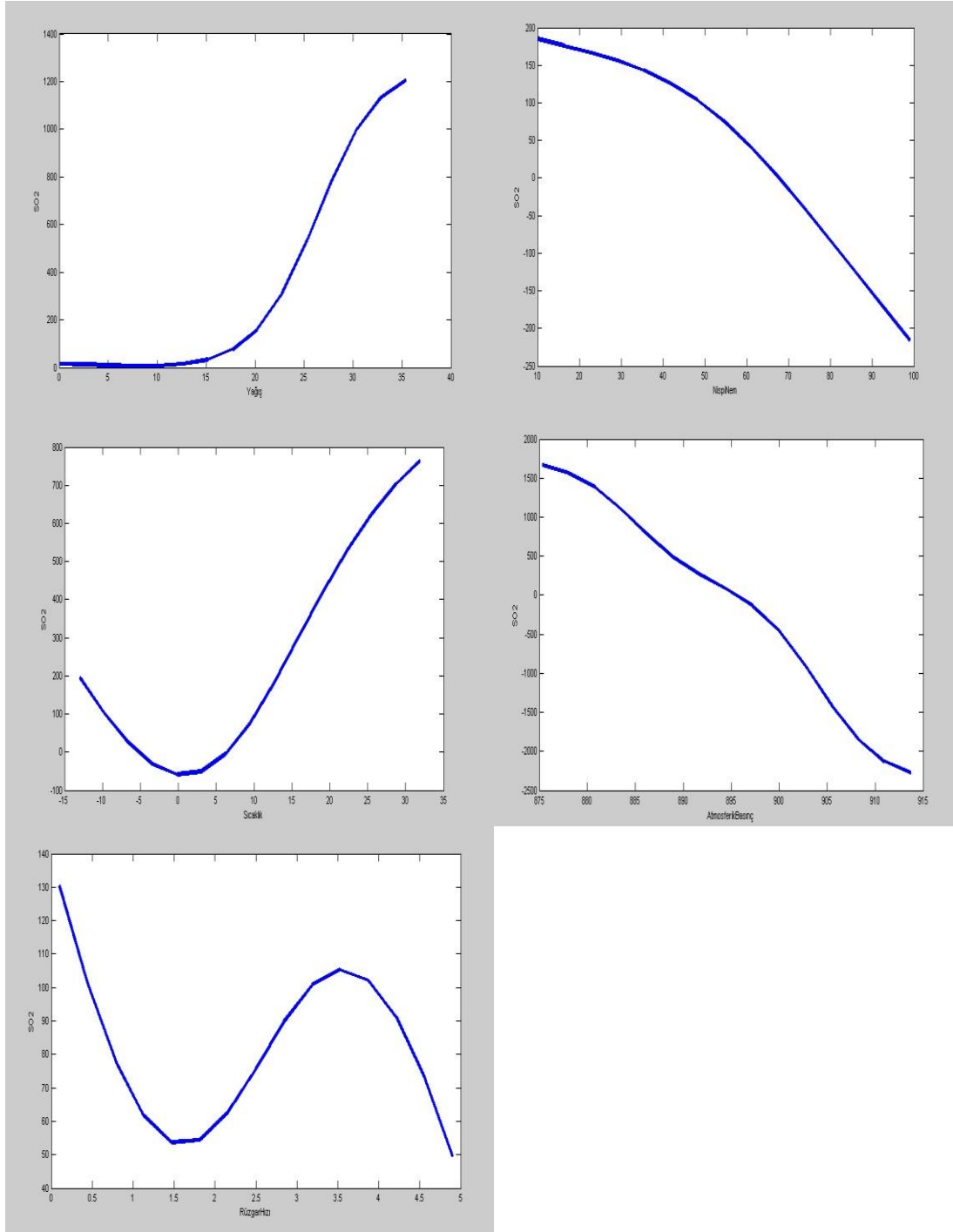


Şekil 4.3 ANFIS model yapısında eğitim verileri için ölçülen ve hesap edilen SO_2 değerleri

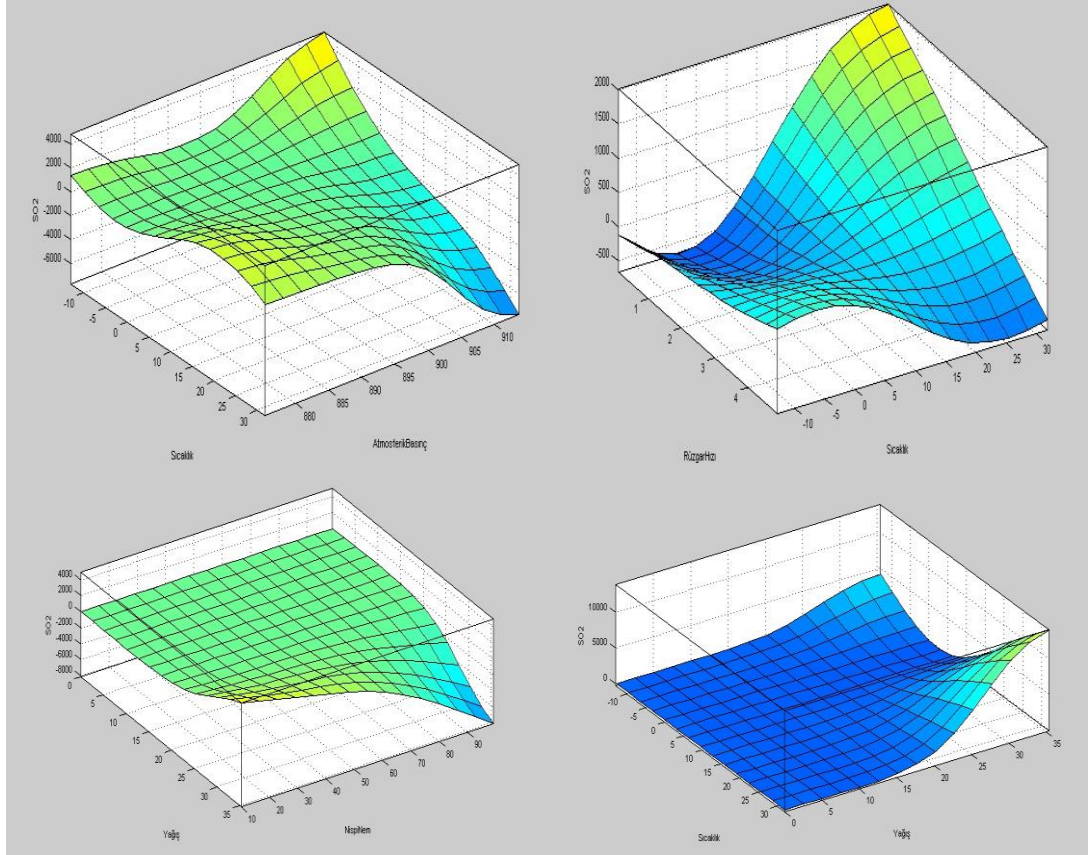


Şekil 4.4 ANFIS model yapısında test verileri için ölçülen ve hesap edilen SO_2 değerleri

Bulanık mantık eğer-ise kurallarından türetilen çıktılarla esas verilerin karşılaştırılmasıyla oluşan bir çıkarım işlemidir. ANFIS modelinin temel ve kural tabanı girdi ve çıktı değişkenleri arasındaki ilişkileri tanımlayan bir araçlar setidir. Şekil 4.5’de görüldüğü gibi, üyelik fonksiyonları tipik olarak tek tek giriş parametreleriyle SO_2 ’in ilişkileri gösterilebilir, bununla birlikte Şekil 4.6’da ifade edildiği gibi birden fazla parametre ile ilişkiler de gösterilebilir.

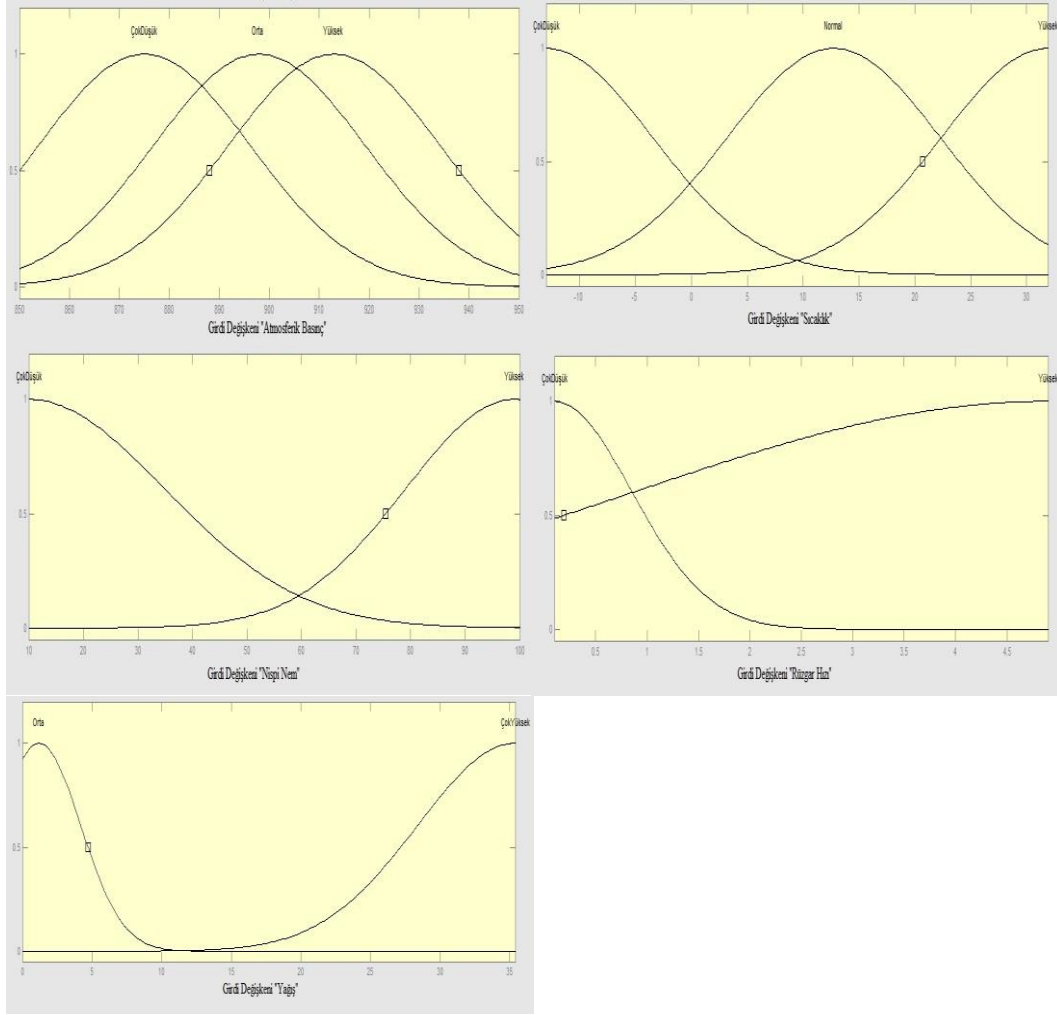


Şekil 4.5 SO₂ konsantrasyonu ve giriş parametrelerinden tek giriş parametresi ile ilişkilendirilmesi



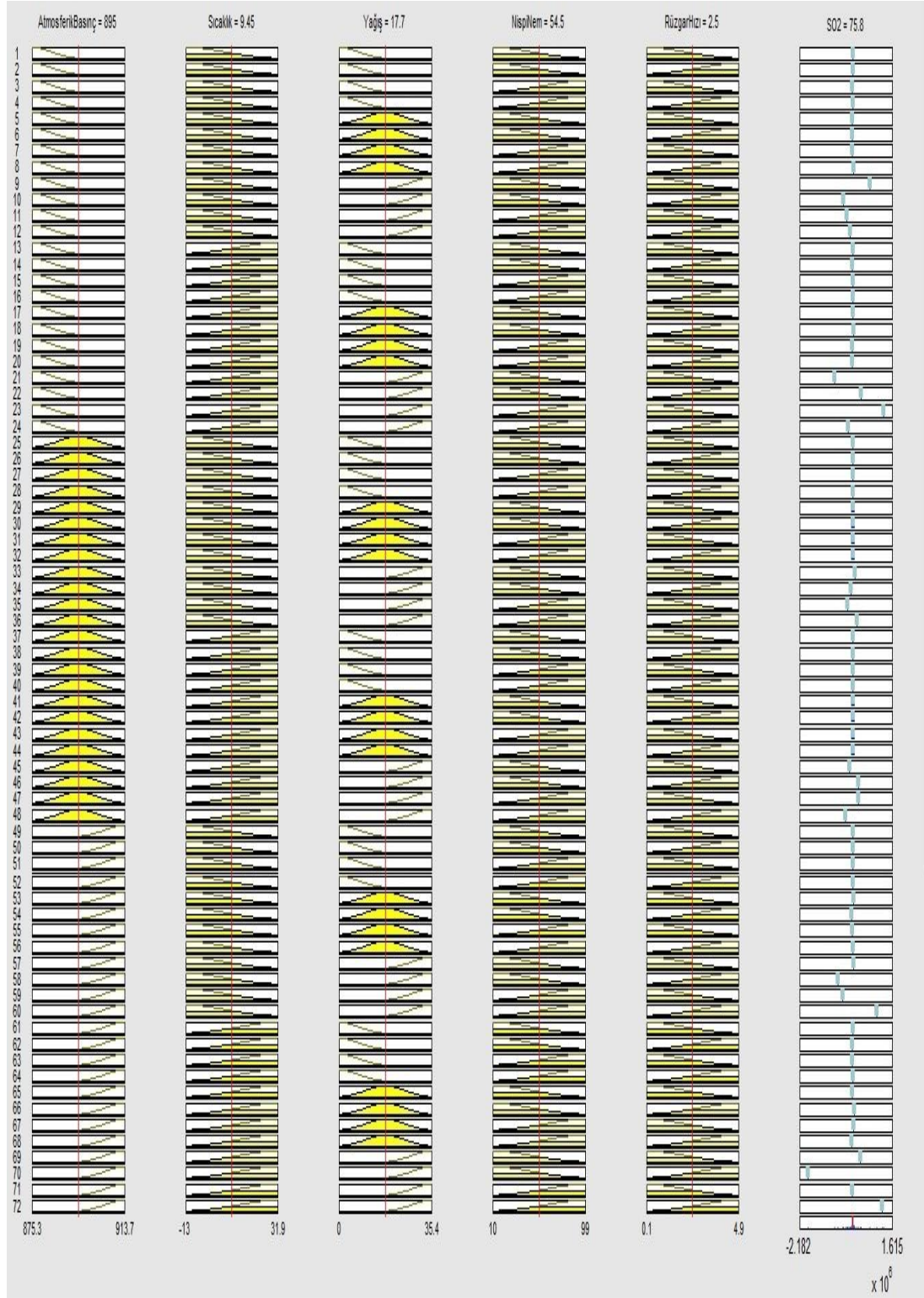
Şekil 4.6 SO₂ konsantrasyonu ve giriş parametrelerinin iki giriş parametresi ile ilişkilendirilmesi

Birden fazla boyuttaki girdi parametrelerinin sayısal ilişkileri bulanık mantık metodu ile gösterilerek sayısal değerlerden farklı şekilde gösterilebilmektedir. Giriş parametreleri ve SO₂ arasındaki lineer olmayan ilişki, bu şekillerde açıkça izah edilebilir. Hazırlanan parametre grafikleri, SO₂ ilişkisi ve diğer girdi parametrelerini göstermek için daha kolaydır. Bu parametre grafikleri, ilişkilerin lineer olmadığını gösterir ve kükürt dioksiti tahmin etmek için akılcı sistemlerin kullanılmasını önerir.



Şekil 4.7 Gauss MFs ve atmosferik basınç, sıcaklık, nispi nem, rüzgâr hızı, yağışa ait sınıf isimlerinin bulanık gösterimleri

Üyelik fonksiyonları bulanıklaştırma prosesidir ve sayısal bir değeri fuzzy değerine çevirir. Rüzgâr hızı, sıcaklık, nispi nem ve benzeri ölçülebilir değerlerin çoğunun kesin ve saptanmış olduğu düşünülür, bununla birlikte gerçek hayatta onlar tam olarak sabit değildir. Bunlar dikkate değer belirsizlikleri taşır. Bu belirsizlikler, karışıklık, intiba ve belirsizliklerden dolayı arttığı zaman, parametrelerin fuzzy olduğu düşünülür ve MF'ler tarafından ifade edilebilir. MF'ler, '*çok düşük, düşük, ortalama, yüksek ve çok yüksek*' gibi sözel terimlerle tanımlanır. Bu çalışmada, Gaussian MF'leri üyelik derecelerini elde etmek için kullanıldı. Şekil 4.7 ve Şekil 4.8, rüzgâr hızı, sıcaklık, nispi nem, atmosferik basınç, yağış uyumlu bir şekilde bulanık mantık üyelik fonksiyonları grafiksel olarak gösterir.



Şekil 4.8 SO₂ Tahmini İçin Bulanık Çıkarım Sistemi

4.3 Pasif Örnekleyicilerle Ölçülen Dönemlik SO₂ Tahmini İçin Yapay Sinir Ağı Modeli

Bu çalışmada, pasif örnek ölçümü metoduyla Konya hava kirliliğini belirleyen 15 farklı örnekleme noktasından 4 farklı mevsim için toplanan ikişer haftalık örnekleme ortalamaları, kirlilik seviyesinin HKDYY (2008) olarak belirlenen yıllık sınır değerlerden (NO₂ için 40 µg m⁻³, SO₂ için 20 µg m⁻³ ve O₃ için 120 µg m⁻³) SO₂ yıllık ortalama değerinin sınır değeri aştığı tespit edildi. Ölçüm sonuçlarının özeti Tablo 4.1’de ve meteorolojik verilerde Tablo 4.2’de gösterildi. Bu veriler yapay sinir ağları ve bulanık mantık modellemesi için kullanıldı.

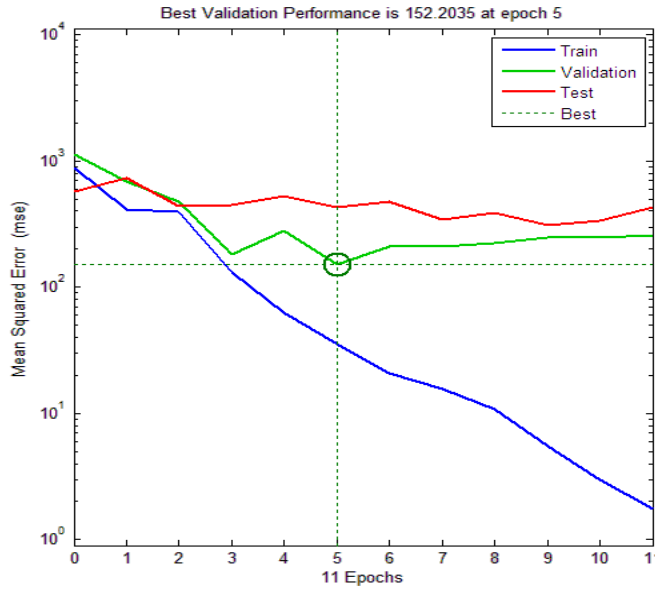
Tablo 4.1 SO₂, NO₂ ve O₃ değerleri (µg/m³)

Örnekleme Tarihleri	14-28 Mart 2011	1-15 Haziran 2011	17-31 Ekim 2011	2-16 Ocak 2012	Yıllık
SO₂ (µg m⁻³)					
Minimum	11,77	13,94	14,87	30,49	
Maksimum	72,92	45,91	46,43	84,32	
Ortalama ± Std. Sapma	46,91 ± 19,36	27,92 ± 9,79	32,57 ± 10,09	58,20 ± 14,05	41,4 ± 13
NO₂ (µg m⁻³)					
Minimum	17,44	8,11	7,44	30,42	
Maksimum	44,5	36,2	63,53	66,8	
Ortalama ± Std Sapma	25,66 ± 7,58	20,79 ± 10,19	30,75 ± 13,84	41,04 ± 9,54	29,6 ± 10
O₃ (µg m⁻³)					
Minimum	35,12	52,49	22,29	11,02	
Maksimum	72,64	81,08	33,26	25,93	
Ortalama ± Std. Sapma	50,73 ± 10,15	66,35 ± 7,17	25,36 ± 2,86	17,84 ± 3,90	40,1 ± 6

Tablo 4.2 4 periyotta ölçülen meteorolojik parametrelerin minimum, ortalama ve maksimum değerleri

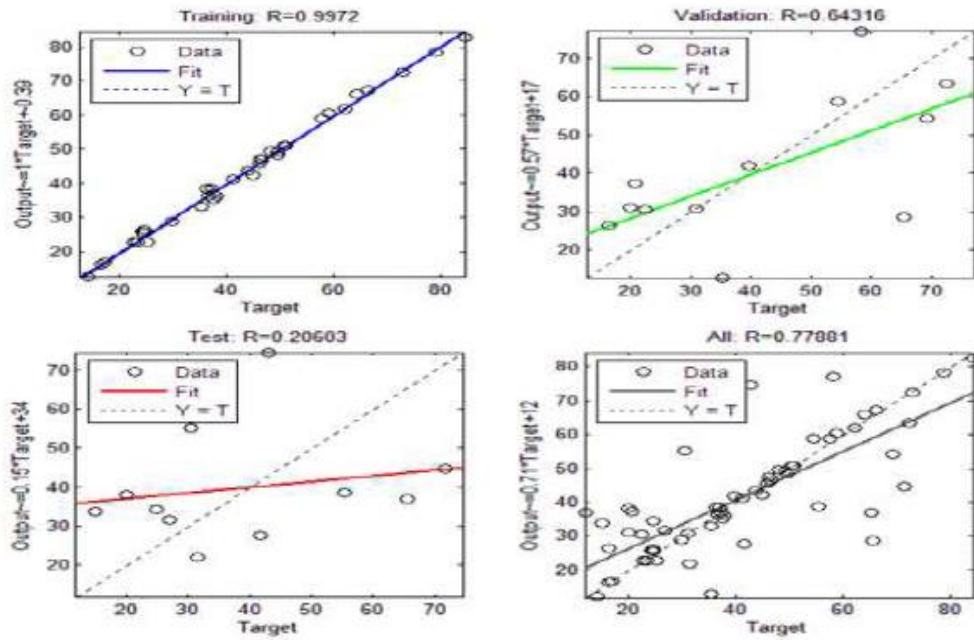
Parametre	Birim	Minimum	Ortalama	Maksimum
Ortalama yerel basınç	hPa	886.60	898.32	908.10
Ortalama hava basıncı	hPa	891.10	899.97	909.40
Ortalama Sıcaklık	°C	-0.20	9.36	23.10
Minimum Sıcaklık	°C	-4.60	4.01	15.40
Maksimum Sıcaklık	°C	4.50	15.36	31.60
Ortalama Rüzgâr Hızı	(m/sn)	0.40	1.54	3.90
Ortalama Nem	%	43.60	69.92	99.00
Yağış	mm	0.00	1.37	27.50

Yapay sinir ağı programının eğitimi şu şekilde yapılmıştır. Yineleme sayısı 5’den itibaren 11’e kadar doğrulama hatası arttığı için programın çalıştırılması durdurulmuş ve eğitim hataları, doğrulama hataları ve test hatalarının grafiği Şekil 4.9’da gösterilmiştir. Bu örnekte sonuç, aşağıdaki değerlendirmelerden dolayı mantıklıdır: Son ortalama kareler hatası yeterince küçüktür. Test seti hatası ve doğrulama seti hataları da benzer özelliğe sahiptir. Yineleme 6’da en iyi doğrulama performansı yakalandığı halde anlamlı bir uygunluk (over fitting) sağlanamamıştır.



Şekil 4.9 Eğitim, doğrulama ve test hataları

Şekil 4.10, Eğitim, test ve doğrulama çıktıları için R değerleri şu şekilde sıralanmaktadır; R-değeri eğitim için 0,9972, test için 0,206 ve doğrulama için 0,663 ve diğer taraftan genel karşılık değeri ise 0,778'dir. Güvenilir sonuçlara ulaşmak için, ilk ağın etkisi ve sapmalar yeni değerlerle test edilerek tekrar eğitildi.



Şekil 4.10 Eğitim, doğrulama, test hataları ve genel R değerleri

4.4. Pasif örnekleyicilerle Ölçülen SO₂ Tahmini İçin Adapte Edilebilir Bir ANFIS Modeli (An Adaptive Neuro-Fuzzy Model)

Bir ANFIS modeli sayısal sonuçlar üretir ve aşağıdaki parametreleri içerir;

Bulanık Mantık (fuzzy) bölümünde girdi ve çıktı değişkenlerinin belirsizlikleri sayısal yerine sözel ifadelerle tanımlanır. Bulanık Mantık modelinde girdi ve çıktı değişkenleri için üyelik fonksiyonları (membership functions, MF), fuzzy kontrol kuralları, karmaşık veri değerlendirmesi mevcuttur (Takagi ve Sugeno 1985).

Bir ANFIS modeli geliştirmenin temel amacı, SO₂ üzerine belirli parametrelerin etkilerini analiz edebilmek için online bilgi sağlayan ve daha hızlı çözüm sağlayan akıllı bir yöntemdir.

Bu çalışmada, ANFIS modeli, her bir girdi değişkeni için 1 MF tanımlanarak 5 kural oluşturulmuştur. Uygulanabilir bir ağ yapısı, her bir düğümden tek bir sinir hücresi çıktısı mevcut olup alınan sinyallerin aktarılması için de bir fonksiyon gerçekleştirdiği ve her bağlantının bir düğümden diğerine giden sinyal akışın yönünü belirttiği yerdeki yönlendirilmiş bağlantılar tarafından bağlanmış sinir hücrelerinden oluşur (Jang ve ark. 1997). Düzenlenen ANFIS modeli, girdi katmanında 5 düğüm, gizli katmanında 4 düğüm ($H_1 \sim H_5$) ve çıkış katmanında 1 düğüm (Z_k)'den oluşur. Eğer x_1 atmosferik basıncı ise, onun fuzzy terim seti $T(x_1)\{çok\ düşük, düşük, normal, yüksek\}$ şeklinde ifade edilebilir. Bu nedenle, çıktı değişkeni Z_k , lineer fonksiyonlarla gösterilen kükürt dioksit (SO₂)'i ifade eder. Kükürtdioksit için geliştirilen ANFIS modeli 5 fuzzy kuralıyla kurulmuştur. Bir fuzzy kuralının çıktısı denklem (9)'da verildiği gibi ifade edilebilir.

$$z_n = a_n(x_1) + b_n(x_2) + c_n(x_3) + \dots + d_n(x_7) + r_n \quad (9)$$

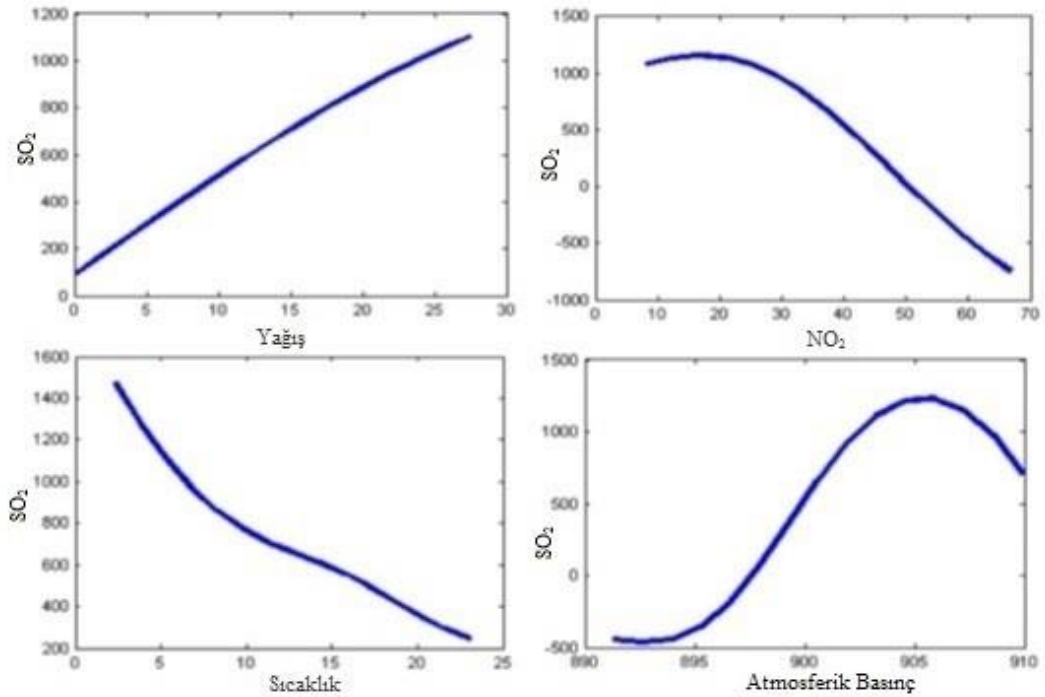
Genel çıktı, denklem (10)'da hesaplandığı gibi, bütün girdi parametrelerin özetidir.

$$Z_k = \sum_i \bar{w}_i f_i = \frac{\sum_i w_i f_i}{\sum_i w_i} \quad (10)$$

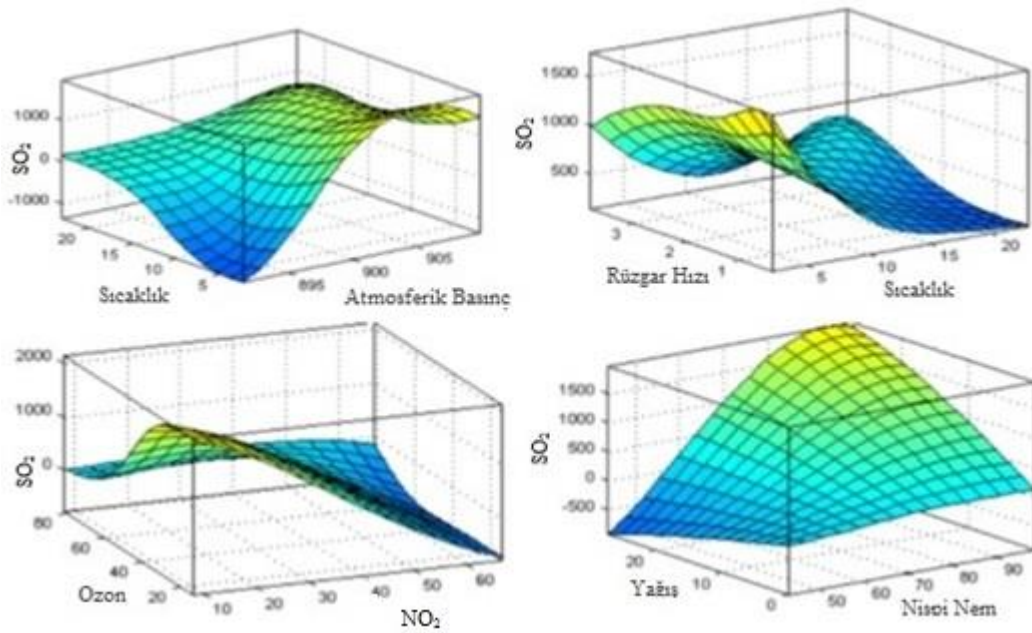
Kuralların birincil parametreleri belirlendiği zaman, genel çıktı sonuç parametrelerinin lineer bir kombinasyonu olarak ifade edilebildiği gözlemlenmiştir. Genel çıktı Z_k , denklem (11)'de verildiği gibi, z_n terimlerinde tekrar yazılabilir.

$$Z_k = \bar{w}_1(a_1x_1 + b_1x_2 + c_1x_3 + d_1x_4 + e_1x_5 + g_1x_6 + h_1x_7 + r_1) + \dots + \bar{w}_5(a_5x_1 + b_5x_2 + \dots + h_5x_7 + r_5) \quad (11)$$

W_s , sırasıyla MF'lerin fuzzy setlerindeki etki değerleridir. Örneğin, w_1 , fuzzy seti (*düşük ve ortalama*) ile kükürtdioksitin MF'leri arasındaki uyumun derecesini belirtir. Diğer taraftan, Nie (1995)'e göre, bulanık mantık bir dizi sonuçlar türeten, eğer-ise kuralları ve bilinen gerçeklerden oluşan bir çıkarım işlemidir.



Şekil 4.11 SO₂ konsantrasyonu ve giriş parametrelerinden tek giriş parametresi ile ilişkilendirilmesi



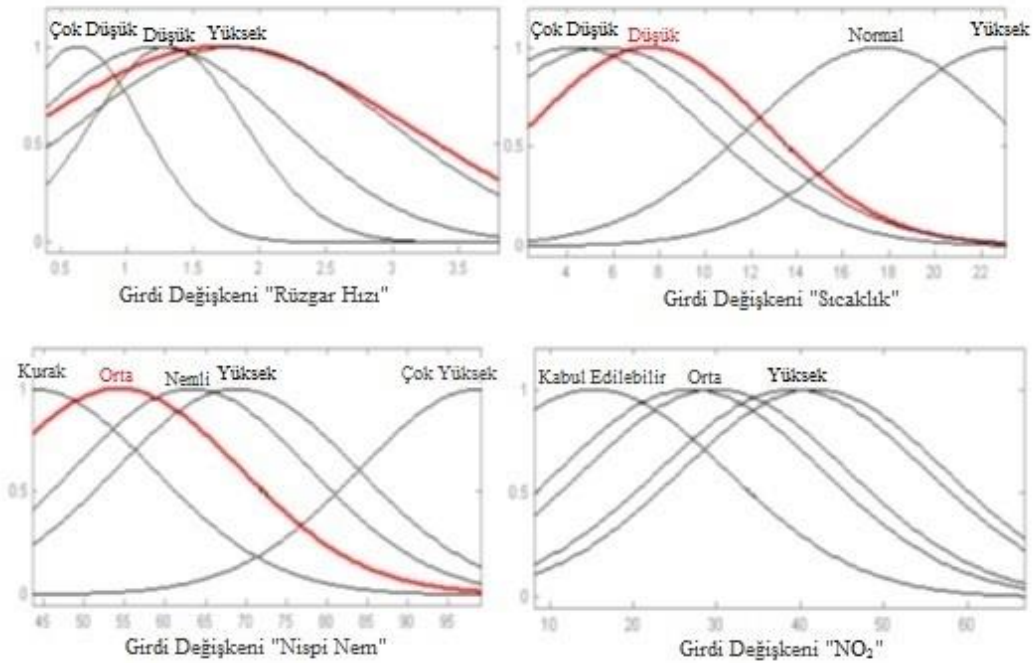
Şekil 4.12 SO₂ konsantrasyonu ve giriş parametrelerinin iki giriş parametresi ile ilişkilendirilmesi

Bir ANFIS modeli geliştirmek için, girdi ve çıktı parametreleri belirlenir ve öğrenme algoritmasında gösterilir. ANFIS modeli optimizasyon metodu, üyelik fonksiyonları ve kural sayılarını belirlemek için, alt küme algoritması sağlayan bir hibrit-öğrenme algoritmasıdır. Burada veri seti 3 parçaya bölünüp; büyük bir kısmı, 42 veri, algoritma eğitimi için kullanıldı, 18 veri kontrol verisi ve 40 veri de model doğrulaması için kullanılmıştır. Bulanık mantık eğer-ise kurallarından türetilen çıktılarla esas verilerin karşılaştırılmasıyla oluşan bir çıkarım işlemidir. ANFIS modelinin temel ve kural tabanı girdi ve çıktı değişkenleri arasındaki ilişkileri tanımlayan bir araçlar setidir. Şekil 4.11’de görüldüğü gibi, üyelik fonksiyonları tipik olarak tek tek giriş parametreleriyle SO₂’in ilişkileri gösterilebilir, bununla birlikte şekil 4.12’de ifade edildiği gibi birden fazla parametre ile ilişkiler de gösterilebilir.

Birden fazla boyuttaki girdi parametrelerinin sayısal ilişkileri bulanık mantık metodu ile gösterilerek sayısal değerlerden farklı şekilde gösterilebilmektedir. Giriş parametreleri ve SO₂ arasındaki lineer olmayan ilişki, bu şekillerde açıkça izah edilebilir. Hazırlanan parametre grafikleri, SO₂ ilişkisi ve diğer girdi parametrelerini

göstermek için daha kolaydır. Bu parametre grafikleri, ilişkilerin lineer olmadığını gösterir ve kükürt dioksiti tahmin etmek için akılcı sistemlerin kullanılmasını önerir.

Üyelik fonksiyonları bulanıklaştırma prosesidir ve sayısal bir değeri fuzzy değerine çevirir. Rüzgâr hızı, sıcaklık, nem, NO₂ ve benzeri ölçülebilir değerlerin çoğunun kesin ve saptanmış olduğu düşünülür, bununla birlikte gerçek hayatta onlar tam olarak sabit değildir. Bunlar dikkate değer belirsizlikleri taşır. Bu belirsizlikler, karışıklık, intiba ve belirsizliklerden dolayı arttığı zaman, parametrelerin fuzzy olduğu düşünülür ve MF'ler tarafından ifade edilebilir. MF'ler, '*çok düşük, düşük, ortalama, yüksek ve çok yüksek*' gibi sözel terimlerle tanımlanır. Bu çalışmada, Gaussian MF'leri üyelik derecelerini elde etmek için kullanıldı. Şekil 4.13, rüzgâr hızı, sıcaklık, nem ve NO₂ uyumlu bir şekilde bulanık mantık üyelik fonksiyonları grafiksel olarak gösterir.



Şekil 4.13 Gauss MFs ve rüzgâr hızı, sıcaklık, nispi nem ve NO₂ 'ye ait sınıf isimlerinin bulanık gösterimleri

Bir ANFIS model, niteliksel bilgiyi esas alan birçok mantıksal kuralları içerir. Fuzzy eğer-sonuç kuralları ve fuzzy muhakemesi, fuzzy çıkarsama sistemlerinin belkemiğidir ve fuzzy set teorisindeki en önemli modelleme araçlarıdır. Bulanık

mantık modelleme, girdi, şart ve çıktı değişkenleriyle bir fuzzy etkisi yoluyla bir proses süreçlerini temsil ettiğini ifade eder. Bu karakteristiklerin ilişkileri fuzzy kuralları tarafından gösterilir. Kurallar, girdi ve çıktı ilişkilerini grafik üzerinde niteliksel olarak ilişkilendirilir. Fuzzy kuralları, üyelik fonksiyonları ve nitel terimler tarafından bir alanda herhangi bir süreci tanımlayabilir. Niteliksel bir değişken sayısal bir değişkenden farklıdır ve değerleri sayılar değil kelimeler ve cümlelerdir. Örneğin, atmosferik basınç, niteliksel bir değişkendir ve sadece çok düşük, düşük, orta, yüksek gibi terimler onu tanımlayabilir. Benzer şekilde, diğer nitel değişkenler ve onların terim setleri aşağıda verilmiştir.

$$\mu(x_1) : T(Air_pressure) = \{very_low, low, moderate, high\}$$

(Atmosferik basınç=çok düşük, düşük, orta, yüksek)

$$\mu(x_2) : T(Temperature) = \{very_low, low, normal, high\}$$

(Sıcaklık= çok düşük, düşük, normal, yüksek)

$$\mu(x_3) : T(Moisture) = \{very_low, low, average, high\}$$

(Nispi nem=çok düşük, düşük, orta, yüksek)

$$\mu(x_4) : T(Rain_fall) = \{dry, average, humid, high, very_high\}$$

(Yağış= kurak, orta, nemli, yüksek, çok yüksek)

$$\mu(x_5) : T(Wind_speed) = \{quiet, moderate, active, windy\}$$

(Rüzgâr hızı= oldukça, orta, aktif, rüzgârlı)

$$\mu(x_6) : T(NO_2) = \{acceptable, average, high, very_high\}$$

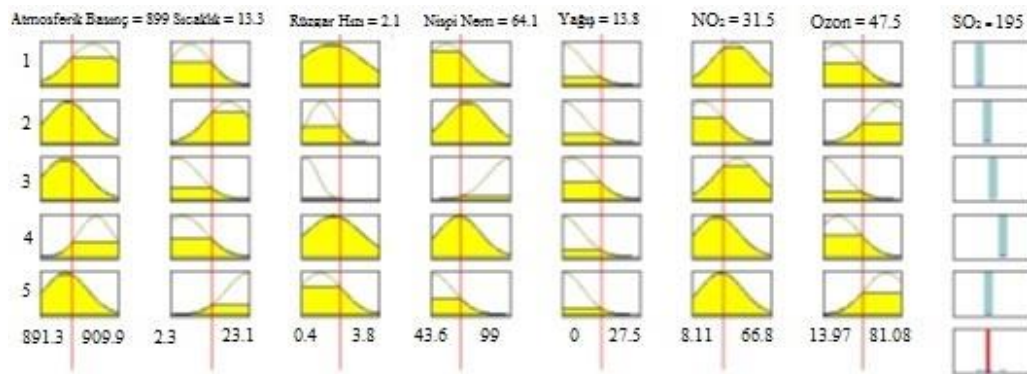
(NO₂=Kabul edilebilir, orta, yüksek, çok yüksek)

$$\mu(x_7) : T(Ozone) = \{acceptable, average, high, very_high\}$$

(Ozon=Kabul edilebilir, orta, yüksek, çok yüksek)

Fuzzy kural temelli sistem, karmaşık sistemleri modelleyen en kullanışlı yaklaşımlardan biridir, çünkü bu sistem nitel değişkenleri, ondan önce olanları ve takip edenleri olarak kullanır. Kurallar; fuzzy set ve fuzzy mantığını esas alan sözel terimlerle belirtilir. SO_2 konsantrasyonu çıktıları (Z_k) birinci derece polinomdur (polynomial) ve bu yüzden ANFIS değerlendirme sistemi, Sugeno fuzzy modeli olarak adlandırılır. Uygulanabilir ağ sistemi, SO_2 girdi değişkenlerinin vektörü olduğu sadece tek genel çıktıdır ve f 'nin uygulanabilir bir ağ tarafından oluşturulan genel fonksiyonunun ifade ettiği bir genel çıktıya sahiptir. Böylece Fuzzy kuralının önceki kısımları fuzzy kuralının ‘firing strength’ olarak adlandırılan fuzzy setleri arasında uyumun derecesi birleştirici bir “and” komutu ile oluşturulmuştur. Bu durum, kuralın önce gelen bölümün üstünlük derecesini belirtir.

Aynı zamanda “yaklaşık mantık” olarak da bilinen bulanık mantık, eğer-sonuç kuralları ve temel kural sonuçlarından türetilen bir çıkarım işlemidir. Şekil 4.14 SO_2 tahmini için bulanık çıkarım sistemini gösterir. Fuzzy kuralları fuzzy sözel terimleri ve onların terim setlerinden oluşur. Buna rağmen, bir ANFIS modeli çıktıları kesin değerler olmalıdır. Bu çalışmada model, çoklu kurallar ve birincil fuzzy modelidir. Çoklu kuralların yorumu, genellikle fuzzy kurallarına ilişkin fuzzy ilişkilerinin birleşmesi olarak kabul edilir. Taylan ve Taskin (2003), bir fuzzy modelinde kuralların sayısının bir fuzzy modelleme sisteminde bir kontrol seviyesinin iyi başarılmasında temel bir etkiye sahip olduğunu vurgular. Türkiye’de Konya şehrinde ölçülen 82 verilik girdi-çıkı veri boyutu, ANFIS modeli ve yeteri kadar eğitilmiş MF’ler kurmak için yeterlidir.



Şekil 4.14 SO_2 tahmini için bulanık çıkarım sistemi

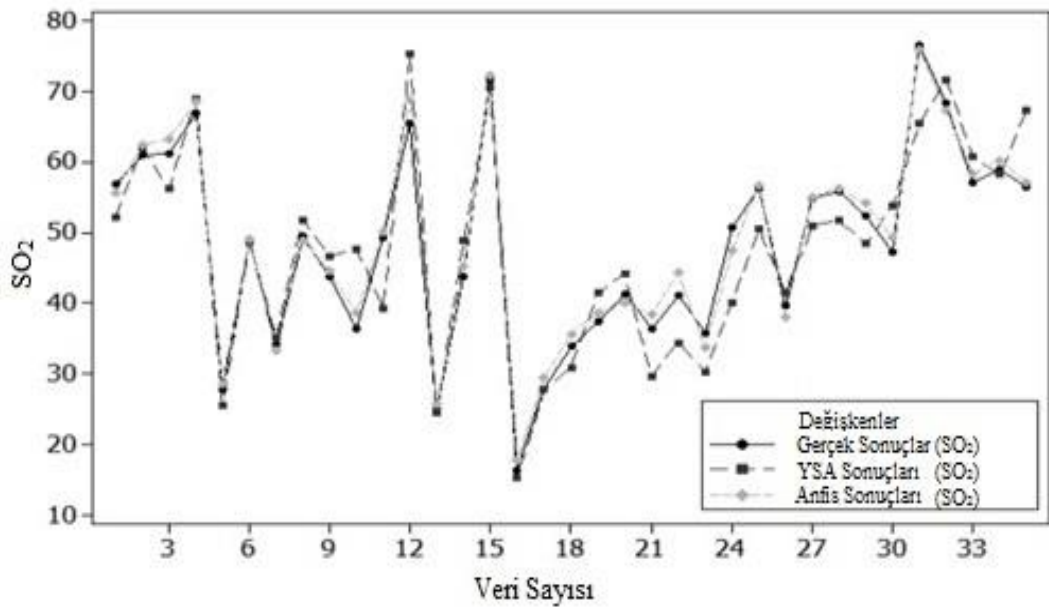
Hata toleransı, algoritmayı çalıştırmak için 0.001'e sabitlenmiştir. Bu ANFIS modeli 3.21 % ortalama çalıştırma hatasına ve % 3.04 ortalama kontrol hatasına sahiptir. 500 devirden sonra, ortalama kare hatasının karekökü (RMSE) çalıştırma verisi için 1.656, kontrol verisi için 1.82 olarak bulunmuştur. Mevcut sonuçlara karşılık ANFIS sonuçlarının çalıştırma ve kontrol verilerindeki hata ortalaması Tablo 4.3'de gösterilmiştir. Bu tablo aynı zamanda belirli girdi parametreleri için SO₂'nin nihai sonuçlarına karşı Yapay Sinir ağı modelinin sonuçlarını da sunar. Model doğrulaması için test yapılmış ve sonuçların bir kısmı Tablo 4.3'de sunulmuştur. Her girdi parametresi için, ANFIS ve Sinir ağı modeli testlerinde 35 veri kullanılmıştır.

Tablo 4.3 YSA ve ANFIS vb. çıktıları ile gerçek SO₂ çıktılarının doğrulaması

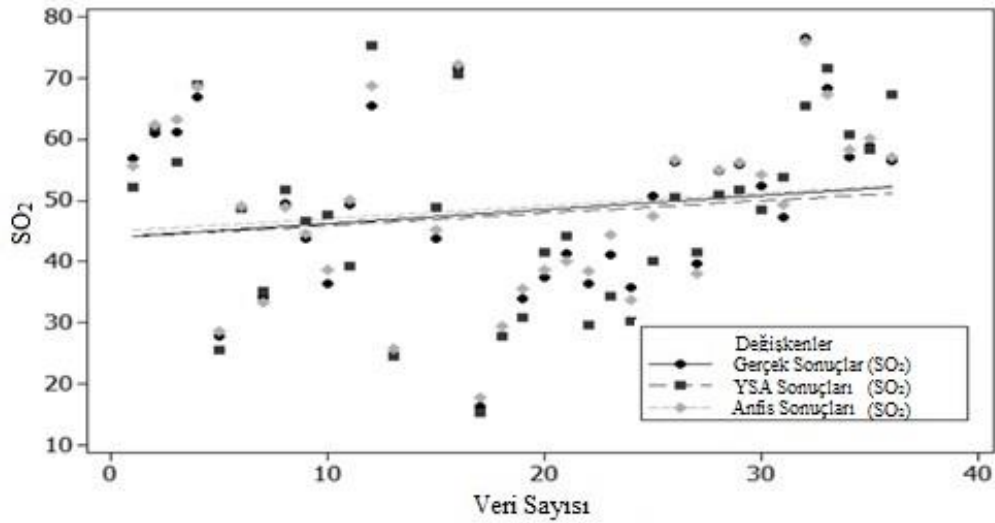
Atmosfer Basıncı (hPa)	Sıcaklık (°C)	Rüzgâr Hızı (m/sn)	N.Nem (%)	Yağış (mm)	NO ₂ (µg/m ³)	Ozon (µg/m ³)	Gerçek Veriler SO ₂ (µg/m ³)	YSA SO ₂ (µg/m ³) Sonuçlar	ANFIS SO ₂ (µg/m ³) Sonuçlar
909.9	2.3	1	83.5	0	20.05	50.97	56.82	52.23	55.62
909.4	5.3	0.5	73.5	0	44.5	46.21	61.05	61.97	62.31
906.8	8.5	1	61.5	0	21.32	46.25	61.11	56.22	63.24
903	12.8	1	48	0	32.21	35.12	66.98	69.03	68.52
900	11	0.9	64.5	1.1	33.92	43.6	27.82	25.53	28.6
897.1	11.4	1.2	65	1.2	38.37	68.54	48.92	48.76	49.16
896.6	8.4	1.3	76.1	0	23.06	72.64	34.09	35.16	33.42
896.9	6.8	3.9	88.8	2.4	19.75	58.21	49.47	51.79	48.85
901.3	3.5	3.8	81.9	0.4	21.92	52.77	43.8	46.61	44.56
901.2	2.3	1.8	75	0.1	23.37	44.16	36.33	47.74	38.65
900.4	3.2	2.6	70.8	0	24.63	60.55	49.28	39.37	50.16
904.5	5	1.9	61.3	0	20.72	43.66	65.49	75.34	68.65

902.8	7.8	1.2	53.4	0	22.85	37.91	24.97	24.58	25.78
901.1	8.3	1.3	56.1	0	20.92	50.75	43.72	48.84	45.23
901.1	9.3	1	64.4	0	17.44	49.71	71.66	70.59	72.16
897.7	18	1.2	62.8	0.1	10.57	69.84	16.3	15.28	17.85
897.8	17.6	1.5	68.9	0.2	15.36	69.56	27.71	27.71	29.4
898.8	18.3	1.9	66.1	1.7	8.11	64.5	34	30.88	35.63
898.7	16.4	1.4	75.9	1.6	10.32	64.62	37.38	41.56	38.64

YSA ve ANFIS modeli sonuçlarına karşılık nihai SO₂ sonuçları Şekil 4.15’de gösterilmiştir. Bu şekil, SO₂’nin değerlerinde varyasyonun olduğunu ve Yapay Sinir Ağı varyasyonunun nispeten ANFIS modelinkinden daha yüksek çıktığını göstermektedir. Bu eğilim, SO₂ konsantrasyonunun zaman periyodunda arttığını göstermektedir. ANFIS ve YSA modeli SO₂ tahmin sonuçlarına karşı SO₂ gerçek sonuçlarının dağılımı da Şekil 4.16’da gösterilmiştir.



Şekil 4.15 ANFIS ve YSA modeli SO₂ tahmin sonuçlarına karşı gerçek SO₂ sonuçlarının gösterimi



Şekil 4.16 ANFIS ve YSA modeli SO₂ tahmin sonuçlarına karşı gerçek SO₂ sonuçlarının dağılımı

4.3. Gelişmiş Modellerin Performanslarının Karşılaştırılması

Bu çalışmada, Yapay sinir ağı ile birlikte bir ANFIS modeli geliştirildi. Burada ANFIS modeli 5 kurala sahiptir. Gelişmiş modellerin performansı değerlendirilerek ortalama tahmin hatası ve artık dağılım (residual range) esas alınarak karşılaştırılmıştır. Ortalama tahmin hatası, denklem 12 kullanılarak hesaplandı.

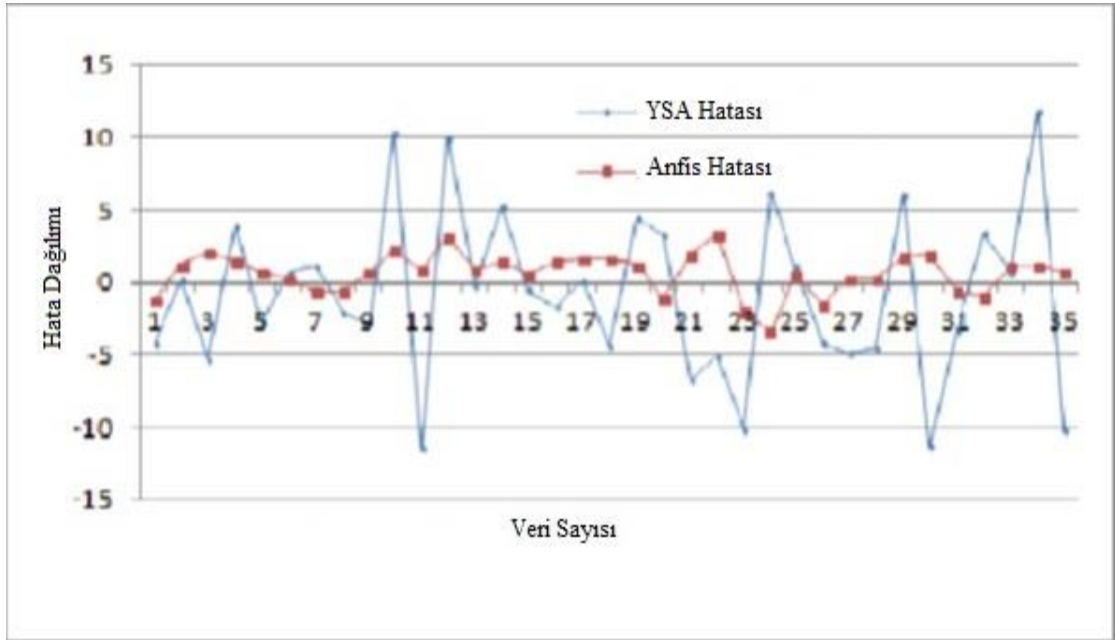
$$\text{Average Prediction Error \%} = \frac{\sum |Actual \ outcome - Predicted \ outcome|}{\sum Actual \ outcome} \times 100 \quad (12)$$

5 kurallı ANFIS modeliyle birleştirilen tahmin hatasının ortalamaları % 2.81 bulundu ve Yapay Sinir ağı modelinin ortalama hatası % 9.79 olarak belirlendi. Açıkça Yapay Sinir ağı modelini 5 kurallı ANFIS modellerini ortalama hatası bakımından aştığı görüldü. YSA ve ANFIS model sonuçlarının hata dağılımı Tablo 4.4’de gösterilmiştir.

Tablo 4.4 YSA ve ANFIS model çıktılarının hata dağılımı

	Yapay sinir ağı hatası	ANFIS hatası		Yapay sinir ağı hatası	ANFIS hatası
1	-4.18	-1.2	19	4.47	1.26
2	0.14	1.26	20	3.28	-1.12
3	-5.40	2.13	21	-6.76	1.93
4	3.88	1.54	22	-5.17	3.33
5	-2.85	0.78	23	-10.23	-2.04
6	0.71	0.24	24	6.21	-3.37
7	1.17	-0.67	25	1.05	0.52
8	-2.09	-0.62	26	-4.22	-1.53
9	-2.89	0.76	27	-4.89	0.21
10	10.26	2.32	28	-4.53	0.29
11	-11.44	0.88	29	6.06	1.86
12	10.05	3.16	30	-11.34	1.88
13	-0.33	0.81	31	-3.34	-0.71
14	5.24	1.51	32	3.39	-1.02
15	-0.63	0.5	33	0.69	1.17
16	-1.68	1.55	34	11.76	1.24
17	0.06	1.69	35	-10.16	0.76
18	-4.43	1.67			

Her bir geliştirilmiş modelin dağılımı, Şekil 4.15 ve Şekil 4.16’de gösterildiği gibi gerçek ve tahmini SO₂ değerleri arasındaki farkı hesaplayarak elde edildi. 5 kurallı ANFIS modeli uygulandığı zaman dağılım sırasıyla -0.37 ila 3.33 oluyorken, Yapay Sinir Ağı Modeli için artık, -11.44’den 11.76 arasında sıralanır. Yapay Sinir ağı ve ANFIS modelinin dağılımı Şekil 4.17’de gösterilmiştir. 5 kurallı ANFIS modeli, SO₂ tahmininde denenen modeller arasında daha iyi modeldir.



Şekil 4.17 ANFIS ve YSA modeli SO₂ tahmin sonuçlarına karşı SO₂ gerçek sonuçların dağılımı

SO₂ tahmininde denenen modellerin performansını yeni parametre değerlerini temel olarak değerlendirmek için, Tablo 4.3'de gösterilen faktör sonuçlarının yeni kombinasyonları kullanılarak bir doğrulama veri seti elde edildi. Ayrıca 5 kurallı ANFIS modeli ve Yapay Sinir ağı modeli hata değerleriyle birlikte bir kez daha temel alınarak elde edilen tahmini değerlerde verilmiştir. Bu veriler her modelin ortalama tahmin hatasını tahmin etmek için kullanılmıştır. ANFIS modeliyle (% 2.81) birleştirilen hata yüzdesinin, Yapay Sinir ağı modeli (% 9.79) esas alınarak elde edilen değerden daha düşük olduğu görüldüğü için, ANFIS modelinin kullanılan faktörler ile SO₂ arasındaki ilişkiyi tahmin etmedeki üstünlüğü ortaya konmuştur.

4.4. Sonuçlar

Hava kirliliği son yıllarda Konya il merkezde rahatsız edici bir etkiye sahip olduğu gözlenmiştir. Çoğunlukla iki önemli hava kirliliği faktörü olan SO₂ ve PM, insan sağlığını ve Konya şehrinin çevre kalitesini etkiliyor (Kunt ve Dursun 2011). Kirleticilerin ana kaynakları, kış periyodunda ısınma için kullanılan uygunsuz fosil

yakıtlar sebebiyle ortaya çıkmakta ve tedbir alınması konusunda yüksek önceliğe sahiptir. Hava kirletici kaynaklar, çok soğuk zamanlarda ısınma sistemi için fosil yakıtların bireysel ve kamusal kullanılmasının yanı sıra Krom-Manyezit fabrikası, Konya Çimento fabrikası, Konya şeker üretim fabrikası ve Konya Organize Sanayi Bölgesi'ndeki bazı fabrikalar gibi endüstriyel bölgelerde de kullanılmaktadır. İkinci kaynak, bütün ulaşım araçlarının da dâhil olduğu trafik araçlarının aktivitesidir. Bu durum aynı zamanda bu çalışmanın kapsamında aksiyon alınması için önceliklidir ama ulusal aksiyon anlamında aynı şey söz konusu değildir (Dursun ve Ucan 2009).

Konya şehir merkezi ve çevresinde büyük bir gelişim vardır. Bu gelişimle birlikte hava kirliliği, popülasyon ve endüstriyel gelişime paralel olarak artmaktadır. Topoğrafik pozisyon ve meteorolojik kurallar özellikle kış aylarında hava kirliliğinin artmasına neden olmaktadır.

Bu çalışma, bölgesel olarak meteorolojik faktörler ile şehir merkezi hava kirliliği SO₂, NO₂ ve ozon arasındaki ilişkiyi araştırmayı amaçlamaktadır. Bugün atmosferde günden güne değişen hava kirleticiler, atmosferin çeşitli tabakalarında birikebilir ve daha zarar verici olarak başka bölgelere hareket edebilirler (Dursun 1997). Gelecek yıllarda, hava kirliliği o kadar tehlikeli bir düzeye geleceği, daha detaylı bir çalışmanın gelişmiş bilimsel bulgularla yapılması zorunludur.

Bir bölgedeki hava kirliliği konsantrasyonu, kirliliği getiren faktörlerin çeşidine ve miktarına bağlıdır ama aynı zamanda meteorolojik faktörler ve alanın topoğrafik yapısına da önemlidir (Dursun 1997). Eğer Konya'nın topoğrafik yapısı rüzgâr esme yollarıyla araştırılırsa, o zaman görülecektir ki kuzey ve batı tarafları yüksek dağlarla kapalı, güney ve doğu tarafları engebesizdir. Hava aktivitesi, Merkezin coğrafik lokasyonu topoğrafik durumuyla ilişkilidir (URL 1). Konya il merkezi yoğun bir nüfus ve endüstriyel aktiviteye sahiptir. Dağlarla çevrili ve çanak gibi şekilli olması hava kirliliği problemini arttırmaktadır. Araştırma alanı, Konya şehir merkezi ve belediye sınırlarında bulunmaktadır. Meteorolojik verilere göre hava kirliliği parametrelerinin araştırılması, aynı problemlerin tekrarlanmasını önlemek için gereklidir.

Sabit kaynaklardan kirlilik düzeyini azaltmak için alınan önleme dayalı uygulamalar varsa da yeterli değildir. Ulaşım kaynaklarına bakıldığında, konu esasında ulusaldır ve orayla birlikte eke alınır. Endüstriler uyana kadar, bu durum hava kirlilik düzeyinde katkı payı oranını azaltmak için yeterli kaliteyi iyileştirmeyecektir. Önlem için gerçekleştirilen uygulamalar hava kalitesini gözlemleyerek, kirlilik seviyesini düşürmek ve çevresel hava kalitesini arttırmaları için endüstrilere baskı yapmaya devam ediyor olacaktır. Yeni endüstriyel gelişimler, şehrin iyi bilinen alanlarına kurulmamalı ve en yeni teknoloji ve yeni çevre dostu enerji kaynakları kullanılmalıdır.

Sonuç olarak, kükürt dioksit (SO_2) konsantrasyonlarının daha önceki değerleriyle alakalı bilgiler gelecekte sahip olunacak kirlilik değerlerini tahmin etmek için önemlidir. Mevcut çalışmada, Konya şehir merkezindeki pasif örnekleyiciler ile SO_2 konsantrasyonları YSA yaklaşımı kullanılarak tahmin edilebilecektir. Çalıştırma ve test periyodunda, YSA ve ANFIS hataları, sırasıyla 10 ila -10 ve 3 ila -3 arasında değişmektedir. Sonuçlar, yapay sinir ağlarının hava kirlilik yönetimi için değerli bir metot olduğunu ama ANFIS tahminlerinin daha güvenilir olduğunu göstermektedir. Yapay Sinir ağı ve ANFIS'I 2012 ve 2013 verileriyle çalıştırdıktan sonra, daha makul ve iyi tahminlerde bulunabilecek olmamız dikkate değerdir. Bu sonuç, SO_2 kirletici konsantrasyonunu tahmin etmek konusunda işlem özelliği taşıyan bir model çalıştırmak için büyük bir öneme sahip olabilir.

Bu çalışmanın amacı, hava kalitesi tahmini ve onun dağılımını bulmak için Yapay Sinir Ağları ve fuzzy mantığı gibi yapay zekâ (AI) metotların kullanımını göstermektir. Genel olarak, fuzzy set ve sistemlerinin trendi, en iyi tespit ve iyi tanımlanmamış karışık sistemlerin kontrolü için bilgi sunumunun farklı formlarının derlemesine yönelir. İki yeni örnek olarak “Yapay Sinir Ağları ve fuzzy sistemleri”, en temel bilgi kaynaklarından başlayarak gerçek dünya sistemini anlamaya çalışır. Yapay sinir ağları ve genetik algoritmalar gibi akıllı sistemler de gelecek çalışmalara konu olabilir. Bu metot fuzzy set ve sistemlerinin esneklikleri tarafından desteklenebilir.

Hava kalitesi, dünyanın çoğu bölgesinde sürdürülebilir gelişim içinde insan yaşamının kalitesinin önemli bir göstergesi ele alınmaktadır. Hava kirlilik kontrol stratejileri hem küresel hem de lokal anlamda ciddiye alınmakta ve hükümetler hava kirlilik kontrolü için önemli adımlar atmaktadır. Hava kirliliği yönetimi, genellikle karar verici ve toplumun ihtiyaçlarının gerçekleştirilmesi, farkındalık, taleplerinden geliştirilmektedir. Hava kirliliği yönetimi, düzenli operasyon ve stratejik karar desteği için kapasite yaratma, grup bazlı gözleme sistemleri ve ağlarına ihtiyaç duyar. Ayrıca, uygulama için kalite sağlama, kalite kontrol, modelleme araçları ve kurumsal kapasitelere de gereksinim duymaktadır. Son olarak, ANFIS modelleme yaklaşımının ana hedefi, daha akılcı bir yoldan kamu sağlığı amacıyla hava kalitesinin hızlı değerlendirilmesine çevrimiçi bilgi sağlamak için hava kalitesini tahmin etmektir. Hava kalitesi değerlendirmesi ve kural oluşturma konusunda otoriteler tarafından dikkate alınmak için yararlı, güvenilir ve uygun bir metot olarak görülebilir.

4.5. SPSS Programı ile Anket Çalışması

Projeye ilaveten Hava Kirliliği hakkında hazırladığımız ilkokul, ortaokul ve lise öğrencilerinin hava kirliliği bilgi düzeyi anket formu okullardan 1'er sınıf seçilerek yaz ve kış periyodunda aynı okullarda 2 kez anket çalışması tekrarlanarak yapılmıştır. Sonuçların değerlendirmesi SPSS programında yapılmıştır.

4.5.1. Anket sonuçları

Çalışmaya katılan 1371 öğrencinin % 51'i erkek olup, yaş ortalaması 13 ± 2 yıl idi. Öğrencilerin % 26'sı ilkokul, % 48'i ortaokul, % 26'sı lisede öğrenim görmekteydi. Ailelerin % 81'i çekirdek aileydi; annelerin % 58'i, babaların % 43'ü ilkokul mezunuydu. Bir kardeşi olan % 16, iki kardeşi olan % 31, üç kardeşi olan % 30, dört ve daha fazla kardeşi olan % 19 iken, % 4'ü tek çocuktı. Katılımcıların % 69'u ilk veya ikinci çocuktı (Çizelge 4.1). Karatay ilçesinde % 43'ü, Meram ilçesinde % 31'i, Selçuklu'da ise % 26'sı ikamet etmekteydi. Evde % 59'u odun-

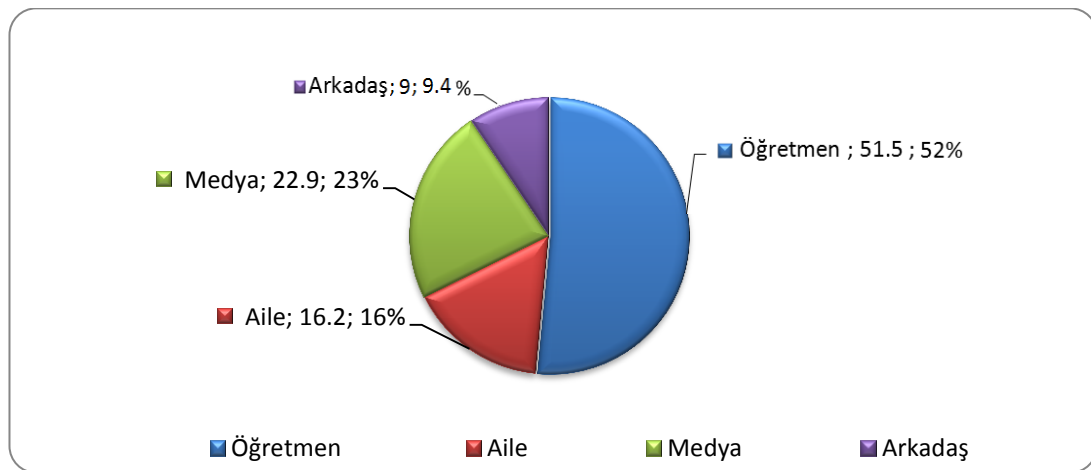
kömürle ısınırken, % 36'sı doğal gaz, kalanı da elektrikli ısıtıcı kullandıklarını ifade etmiştir.

Çizelge 4.1 Katılımcıların sosyodemografik özellikleri

Değişkenler		Sayı	Yüzde (%)
Cinsiyet	Erkek	697	50.8
	Kız	674	49.2
Öğrenim Durumu	İlkokul	355	25.9
	Ortaokul	662	48.3
	Lise	354	25.8
Kaçıncı çocuk olduğu	İlk çocuk	494	36.0
	İkinci çocuk	442	32.5
	Üçüncü veya üzeri	435	31.5
Aile tipi	Çekirdek	1104	80.5
	Geniş	225	16.4
	Parçalanmış	42	3.1

Öğrencilerin % 22'si yaşadığı yerin havasının temiz olduğuna inanıyordu. Katılımcılara birden fazla seçenek yazabilecekleri üç soruda, verilen her bir cevap için ayrı ayrı değerlendirme yapıldı. Buna göre, hava kirliliğinin nedenini % 81 ile ev yakıtlarının dumanı, % 78 ile fabrikaların baca dumanı, % 72 kalitesiz kömür kullanımı, % 70 atıklar/çöp yakılması, % 62 trafikte araba sayısının artışı, % 55 sanayileşmenin artması, % 50 hızlı nüfus artışı şeklinde sıralandı. Hava kirliliği sonucunda ne gibi sorunlar oluşur sorusuna verilen birden fazla cevaplarda da; % 94 solunum sistemi hastalıklarının artması, % 70 hayvan ve bitkilere zararlı etkinin oluşması, % 62 asit yağmurlarının meydana gelmesi, % 44 sera etkisinin oluşması vardı. Hava kirliliği sizce nasıl azaltılabilir şeklinde açık uçlu sorulan soruya % 33 ile doğalgaz kullanımı, % 23 bacalara filtre takılması, % 17 çöplerin çöp kutusuna atılması, % 14 kaliteli kömür kullanımı, % 8 ağaçlandırma yapılması, % 6 soba yerine kalorifer kullanılması, % 6 atıkların toprağa gömülmesi, % 2 halkın bilinçlendirilmesi, % 1 sanayinin şehir dışına taşınması ve yine % 1 denetimlerin artırılması şeklinde cevaplar verdi. Hava kirliliğini en çok hangi mevsimde

hissediyorsunuz sorusuna birden fazla mevsimi işaretleyerek cevap vermişlerdi. Sıralamada % 86 ile kış, % 39 sonbahar, % 23 yaz, % 19 ilkbahar vardı. Hava kirliliğinin önlenmesi ile ilgili bilgileri % 55'i derste işlediklerini ifade ederken; konuyla ilgili bilgileri % 52'si öğretmeninden aldığını belirtti. Okulda arkadaşlarıyla hava kirliliği ile ilgili zaman zaman konuştuklarını ifade eden % 48 katılımcı oldu. Büyüklerinin hava kirliliği konusunda duyarlı olduğuna inanma % 55 düzeyindeydi (Şekil 4.18).



Şekil 4.18 Katılımcıların hava kirliliği ile ilgili en çok bilgi aldıklarını ifade ettikleri kaynaklar

Yaşadığı yerin havasını temiz bulma, hava kirliliğinin en çok kış mevsiminde görüldüğünü belirtme durumu ile cinsiyet, yerleşim birimi arasında istatistiksel olarak anlamlı fark yoktu ($p>0.05$). Hava kirliliği nasıl azaltılabilir sorusuna cevap verme durumu ilkökul ve ortaokullarda, lisede öğrenim görenlere göre (sırasıyla % 27, % 54, % 19) ($p= 0.001$), kızlarda erkeklere göre (% 56, % 44) yüksekti ($p=0.002$). Hava kirliliğinin azaltılması amacıyla ders işlediklerini belirtme kızlarda erkeklere göre (% 54, % 46) ($p<0.001$), Karatay ve Meram ilçesindeki okullarda öğrenim görenlerde Selçuklu'dakine göre (% 47, % 30, % 23) ($p=0.001$), ortaokullarda diğerlerine göre (sırasıyla % 48, % 39, % 13) ($p<0.001$) yüksekti. Evde ısıtmada kullanılan yakıt türü ile yerleşim birimi arasında istatistiksel olarak anlamlı fark vardı ($p<0.001$) Selçuklu'da doğalgaz kullanımı diğerlerine göre yüksekti (% 39 Selçuklu, Karatay % 32, Meram % 29). Büyüklerinin hava kirliliği konusuna dikkatli yaklaşımı olduğuna inanma; ortaokullarda (% 49) diğerlerine göre ($p<0.001$),

arkadaşlarıyla aralarında hava kirliliği ile ilgili konuşma geçtiğini belirtenlerde geçmeyenlere göre(% 63, % 37) yüksekti ($p<0.001$).

4.6 Minitab Paket Programı ile Hazırlanan İstatiksel Çalışma

Programa girişte kirlilik parametresi SO_2 değeri bağımlı değişken, Mevsimler (Yaz 1, sonbahar 2, kış 3, ilkbahar 4), Ort. Hava Basıncı (hPa), Ort. Sıcaklık ($^{\circ}C$), Ort. Rüzgâr Hızı (m/sn), Ort. Nispi Nem (%), Top. Glob. Güneş. Rd (cal/cm²), Toplam Güneş Süresi (saat), Günlük Toplam Yağış (mm), Bulut Yüksekliği (m.) bağımsız değişkenler olarak tanımlanmıştır.

Rüzgâr hızının artması atmosferik türbülansı artıracağından kirliliği azaltıcı yönde bir etkisinin olduğu söylenebilir. Sıcaklığın düşmesiyle beraber ısınma ihtiyacı artacağı için gerekli yakıt tüketimi de artacağından kirliliği artırıcı yönde etkisi vardır. Yağış çok az olduğu için kirleticiler ıslak çökme ile giderilememektedir. SO_2 konsantrasyonunun maksimum olduğu durumda, sıcaklığın ve rüzgâr hızının düşük olduğu, nemin yüksek ve atmosferin yüksek basıncın etkisinde yüksek SO_2 kirliliğinin dağılmaması ile lokal kirlilik artmaktadır.

İstatistik programı olan Minitab kullanarak kirlilik (SO_2) tahminini yaparken bir istatistik analizi olan birden fazla değişkene bağlı olan çoklu regresyon analizi ile mevsimlere göre elde ettiğimiz denklemler Tablo 4.5’da verilmiştir.

Tablo 4.5 Oluşturulan kirlilik denklemleri

Mevsimler	Matematiksel Modelleme	R ² Değerleri
İlkbahar Regresyon Normal	Kirlilik = 135 + 0,027 Basıncı + 0,242 Sıcaklık - 1,89 Rüzgâr - 0,516 Nem- 0,0718 Top Gün r + 3,36 Gün - 0,852 Yağış + 0,00217 Bulut	R ² = 21,7%
İlkbahar Regresyon ln	Kirlilik = 689 - 0,118 Sıcaklık - 1,25 Rüzgâr - 0,524 Nem + 0,05 Gün - 0,977 Yağış - 81 ln Basıncı - 2,47 ln top Gün r + 4,36 ln Bulut	R ² = 20,5%

Yaz Regresyon Normal	Kirlilik = - 1070 + 1,29 Basınç + 1,70 Sıcaklık - 1,78 Rüzgâr - 0,0139 Nem + 0,0158 Top Gün r - 1,08 Gün + 0,515 Yağış + 0,00053 Bulut	$R^2 = 9,0\%$
Yaz Regresyon ln	Kirlilik = - 7726 + 1146 ln Basınç + 3,9 ln top Gün r + 0,76 ln Bulut + 1,67 Sıcaklık - 1,78 Rüzgâr - 0,0118 Nem - 0,66 Gün + 0,504 Yağış	$R^2 = 8,8\%$
Sonbahar Regresyon Normal	Kirlilik = - 1935 + 2,30 Basınç + 0,633 Sıcaklık - 9,75 Rüzgâr - 0,112 Nem- 0,0474 Top Gün r + 1,27 Gün - 0,168 Yağış + 0,00308 Bulut	$R^2 = 11,3\%$
Sonbahar Regresyon ln	Kirlilik = - 13160 + 3,47 Sıcaklık - 6,25 Rüzgâr - 0,846 Nem - 1,21 Gün- 2,42 Yağış + 1934 ln Basınç + 10,6 ln top Gün r + 24,5 ln bulut	$R^2 = 11,3\%$
Kış Regresyon Normal	Kirlilik = - 1562 + 1,94 Basınç + 3,53 Sıcaklık - 3,85 Rüzgâr - 0,862 Nem- 0,092 Top Gün r + 4,15 Gün - 2,97 Yağış + 0,0211 Bulut	$R^2 = 20,2\%$
Kış Regresyon ln	Kirlilik = - 13160 + 3,47 Sıcaklık - 6,25 Rüzgâr - 0,846 Nem - 1,21 gün- 2,42 Yağış + 1934 ln basınç + 10,6 ln top gün r + 24,5 ln bulut	$R^2 = 20,7\%$

Bu tabloya göre hesaplanan R^2 değerleri bize bağımlı değişkenin bağımsız değişkenlerce % kaçının açıklandığını göstermektedir. Örneğin yağmurun yağmasını nem oranı ve sıcaklıkla açıklamak istersek model kurulup ve R^2 %65 değeri sonucuna ulaştığımızı varsayıldığında nem oranı ve sıcaklık yağmurun yağmasında % 65 etkiye sahiptir. Diğer % 35'lik kısım ise ya önemli bir bağımsız değişkenin atlanmasından (örneğin yükselti) kaynaklandığı ya da modelimizde bazı hatalar (fonksiyonun yanlış olması, normallik varsayımı, hataların bağımlılığı vb.) yüzünden kaynaklandığı söylenebilir. Bulunan katsayılar ise büyüklük olarak değil işaret olarak yani - ise zıt yönlü bir ilişki + ise aynı yönlü bir ilişki mevcuttur şeklinde açıklanmaya çalışılmıştır.

Erbaşlar ve Taşdemir (2007) tarafından Bursa'nın Heykel semtinde hava kalitesi izleme istasyonu kurup, kükürt dioksit, karbon monoksit azot oksitler, toplam hidrokarbonlar, partikül madde ve ozonun dış hava ölçümleri Mayıs 2001 ve Aralık

2003 tarihleri arasında hava kalitesi ölçüm cihazları ile beraber bir meteoroloji istasyonu ile birlikte bu ölçüm noktasından rutin olarak alınmıştır. Konsantrasyonlar ve meteorolojik parametreler arasındaki ilişkiyi belirlemek için farklı modeller (Lineer, eksponansiyel, logaritmik) kullanmışlardır. Çalışmada Heykel Senti'nde ölçülen kirletici konsantrasyonlarından SO₂ ve meteorolojik parametrelerin (Sıcaklık, basınç, nem, rüzgâr hızı) hepsinin aynı anda etki etmesi durumunda oluşturulan bulunan SO₂ ile ilgili sonuç aşağıda verilmiştir. (T: Sıcaklık, P: Basınç, N: Nem, V: Rüzgâr hızı)

$$SO_2 = -2,29T + 0,35P - 0,42N - 4,42V - 258,15 \quad (R^2 = 0,34)$$

Benzer şekilde, Çuhadaroğlu ve Demirci (1997) tarafından Trabzon'da Aralık-1994 tarihinde yapılan bir başka çalışmada bulunan sonuçlar aşağıda verilmiştir. Hesaplamalar, günlük konsantrasyon ve meteorolojik verilerden hareketle, çoklu regresyon modeli kullanılarak yapılmıştır.

$$[SO_2] = -1,55N - 12,16V + 223,05 \quad (R^2 = 0,53)$$

Ancak yapılan çalışmalarda en büyük yanlış algı, R²'ye bakmadan önce bir sürü test, bir sürü araştırma, doğru veri seti ve analizi yapılmadan hesaplanırsa R²'nin doğruluğunu önemli ölçüde etkileyebilir. Yapılan çalışmalarda bu husus göz önüne alınarak R² değerlerini doğru şekilde değerlendirmek en uygun yöntemdir. Bu yüzden çalışmamızda R²'lerini her bir mevsim için ayrı ayrı değerlendirme ve yorumlama şu şekilde yapılabilir. Hatanın normalligi, sabit varyans ve hatanın bağımsızlığı varsayımı altında, R²'nin yüksek olduğu (sayısal değeri çok önemli görmemek gerekir örneğin 0,19 değeri mantıken düşük gelebilir, ancak karşılaştırma yapmak için uygundur) mevsimlerde modelin daha anlamlı sonuç verdiğini ve bağımsız değişkenlerin kirlilik üzerindeki etkisinin daha açık ve gözlemlenebilir olduğu saptanmıştır. Bunun nedeni ise teorik olarak varsaydığımız kirliliğin ana nedeni olan insan faktörü (araçların, fabrikaların, deodorantların vesaire) yaz aylarında nem ve sıcaklığın etkisiyle kirliliğe daha çok katkıda bulunması olabilir.

5. TARTIŞMA

“Temiz Hava Aktı” uygulanması ve ısınma sistemlerindeki köklü değişimlere bağlı olarak, SO₂ ve PM düzeylerinin 1950’lerden itibaren gelişmiş ülkelerde giderek azalmasına rağmen, halen Orta, Kuzey ve Doğu Avrupa ve daha az oranda Batı Avrupa’daki endüstrileşmiş bölgelerde kabul edilebilir güvenli sınırların üzerinde olduğu bildirilmektedir (Ruznak ve ark.’ları 1997). Son yıllarda, özellikle gelişmiş ülkelerde artan oranda petrol ve doğalgaz kullanımı sonucu atmosferik hidrokarbonlar, azot oksitleri (NO_x), ozon (O₃), ve 10 mm’den küçük solunumla alınabilen partiküllerden (partikül madde $\leq 10 \mu\text{m}$, PM10) kaynaklanan yeni tip bir hava kirliliği söz konusudur (Ruznak ve ark.’ları 1997). Diğer yandan, gelişmekte olan ülkelerde, bu tür kirleticilere ilave olarak (Salinas ve Vega 1995), geleneksel kirleticiler SO₂ ve PM hava kirliliğini önemli ölçüde artırmakta ve özellikle kış aylarında tehlikeli düzeylere çıkarmaktadır (Elbir ve ark.’ları 2000, TC Çevre ve Orman Bakanlığı 2005). Türkiye’de hava kirliliği özellikle 1950’lerden sonra hızlı nüfus artışı, hızlı kentleşme, endüstrileşme sonucu yoğun enerji kullanımı nedeniyle bir halk sağlığı sorunu olmaya başlamıştır. Endüstrileşme başlamadan önce, yaklaşık nüfusun %80’i kırsal kesimde yaşarken, günümüzde nüfusun %60’ından büyük bölümü şehir ve metropollerde yaşamaktadır (Özer ve ark.’ları 1997). Artan enerji talebi, genellikle petrol ve kömür gibi fosil yakıtlarla karşılanmıştır. Bu tür yakıtların (özellikle düşük kaliteli linyit) aşırı tüketimi özellikle İstanbul, Ankara, İzmir gibi büyük kentlerde şiddetli hava kirliliği episotlarına yol açmıştır (Ulusal Çevre Eylem Planı 1997). Buna ilave olarak, topoğrafik ve meteorolojik özelliklerin dikkate alınmadığı yanlış kentleşme, uygunsuz ve yetersiz yakma teknikleri, yeşil alanların azaltılması, motorlu araç sayısındaki artış, atıkların yetersiz atılımı hava kirliliğini dahada artırmıştır (Özer ve ark.’ları 1997, Bayram 2005). Çalışma alanımız, Konya il merkezinde karasal iklim hâkim olup çoğunlukla ısıtma sistemleri için düşük kaliteli fosil yakıtların kullanıldığı görülmektedir. Diğer bir yandan Konya ilinde yüksek hava kirliliğinin yaşandığı kış döneminde ağır hava kirliliği üretebilen bazı büyük

sanayi tesisleri bulunmaktadır. Bu kirlilik, kış döneminde bazen insan sağlığını önemli ölçüde etkileyebilecek düzeylere ulaşmaktadır. Araştırma sonuçlarına göre NO₂ ve Ozon değerlerinin sınır değerlerini aşmamasına karşılık SO₂ değerlerinin sınır değerleri aştığı gözlenmiştir.

Şehirdeki en büyük fabrikalardan biri olan Konya Çimento fabrikasının çok yakınında, civarında Birinci Organize Sanayi, küçük ölçekli mobilyacılar sitesi, kunduracılar sitesi ve matbaacılar sitesi bulunan ve yakınından şehirlerarası yol geçen, ayrıca etrafında yerleşim bölgesi bulunan Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'na ait Horozluhan istasyonunda SO₂ ve PM₁₀ konsantrasyonunun ortalaması sırasıyla 16.5 ve 59.3 µg/m³ olarak tespit etmişlerdir. Ayrıca Konya'da hâkim rüzgâr yönü kuzeyli rüzgârlar olduğu için Horozluhan civarındaki kirleticilerin de Konya Büyükşehir Belediyesi'ne ait Aydınlık istasyonunun bulunduğu bölgeye meteorolojik faktörlerin etkisiyle taşınmış olabileceği düşünülmektedir (URL 2).

Tüm bu nedenlerle hava kirliliği ile ilgili yapılan çalışmalar günümüzde gittikçe daha da önem kazanmaktadır. Bu çalışmada modellemede kullanılan YSA ve ANFIS modelleri kullanılarak oldukça başarılı sonuçlar elde edilmiştir.

Çalışmamıza benzer olarak Yıldırım ve Bayramoğlu (2006)'da, Türkiye'de bir kentsel alana, meteorolojik faktörlerin SO₂ üzerine etkisini ve toplam askıdaki PM kirlilik seviyelerini tahmin etmek için ANFIS programını önermişlerdir. Benzer şekilde Oprea ve Matei (2010) çalışmalarında ise yapay sinir ağı tabanlı tahmin yöntemleri uygulamasının, yanı sıra hidrografik havzasında sel durumunu ve hava kirliliği tahminini bulanık mantık ile kombinasyonu başarılı şekilde sonuçlandırılmıştır. Yetilmezsoy ve ark.'larının (2011) , yapmış oldukları çalışmada ise yapay zeka ile ilgili yapılan son uygulamaları değerlendirmişlerdir. YSA, Bulanık mantık ve ANFIS ile ilgili yorumlar yaparak, önemli yönleri vurgulamışlardır. Geniş bir literatür araştırmasının sonucunda, çoğu yapay zeka tabanlı tahmin modelleri ile ilgili uygulamaların olduğunu, bunlarsa; su / atıksu (% 55.7), hava kirliliği (% 30.8) ve katı atık (% 13.5) yönetim çalışmalara göre çevresel problemlerinin çözümü için kullanıldıklarını göstermişlerdir. Özellikle hava kirliliğinin çevre sorunları ile ilgili, Ozon (O₃) ve azot dioksit (NO₂) tahmininde, günlük ve / veya saatlik seviyeleri

Partiküler madde (PM_{2,5} ve PM₁₀) emisyonları ve kükürt dioksit (SO₂) ve karbon monoksit (CO) konsantrasyonlarının yaygın olarak modellemede kullanıldığı belirtilmiştir. Polat (2012) çalışmaları YSA ve ANFIS modellerinin kullanarak SO₂ tahmininde oldukça ümit verici sonuçlar vereceğini göstermiştir. Savić ve ark.'ları (2013), bakır fabrikası civarında muhtemel SO₂ konsantrasyonlarının limit değerlerinin aşımının tahmininde bazı meteorolojik faktörlerinin de kullanılarak ANFIS modelinde değerlendirilmesinin faydalı sonuçlar elde edileceğini göstermişlerdir. Savić ve ark.'ları (2014)'de yaptıkları çalışmada yüzey ozon konsantrasyonunu ANFIS modeli ile çalışarak R²= 0,802 sonucunu elde etmişlerdir. Bizim yaptığımız çalışmalarda da SO₂ konsantrasyonunun meteorolojik faktörler ve diğer hava kirleticileri kullanılarak Konya il merkezinde tahmininde YSA ve ANFIS modellemesinin kullanılmasında yukarıda literatürlere paralel olarak anlamlı sonuçlar elde edilmiştir. Korelasyon katsayıları 0,93 ile 0,66 arasında değişen değerler elde edilmiştir. Benzer şekilde diğer kirleticilerde ayrı ayrı kullanılan metotlarla çalışılarak tahmin edilebilir. Mevcut çalışmada veri sayısının az olması sebebiyle ortaya çıkan standart sapma değerleri veri sayısının arttırılmasıyla daha da düşecektir.

Okullarda farkındalık yaratma amacıyla yapılan anketler, SPSS programında değerlendirilerek öğrencilerin hava kirliliği hakkındaki bilgi düzeyleri ölçüldü. Öğrencilerin % 22'si yaşadıkları yerin havasının temiz olduğuna inanması bize aslında ankete katılan öğrencilerin % 78'nin Konya ilindeki hava kirliliği probleminin farkında olduklarını göstermiştir. Öğrenciler en çok hava kirliliğini kış mevsiminde hissettiklerini ve hava kirliliği nedeni olarak % 81 ile ev yakıtları dumanından dolayı meydana geldiğini belirtmişlerdir. Bunu evde ısıtmada kullanılan yakıt türü ile yerleşim birimi arasında istatistiksel olarak anlamlı fark olduğu sonucu kullanılan programla da belirlenerek vurgulanmıştır. Öğrenciler hava kirliliği ilgili bilgiyi en çok öğretmenleri (% 52) ve aile (% 16)'den öğrendikleri sonucu büyüklerin hava kirliliği hakkında bilgi sahibi olduğunu ve eğitimin önemi bir kez daha ortaya konmuş oldu.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Elde edilen sonuçlardan hazırlanan bütün grafikler incelendiğinde aşağıdaki sonuçlar ortaya çıkmaktadır:

M100E UV Florasan SO₂ Analizörü ölçümü ile SO₂ tahmini için hazırlanan yapay sinir ağı modelinde doğrulama için R değeri 0,93 ve pasif örnekleyicilerle ölçülen dönemlik SO₂ tahmini için yapay sinir ağı modelinde ise doğrulama için R değeri 0,66 olarak bulunmuştur. Burada en önemli husus veri tabanıdır. Veri tabanı ne kadar geniş ve çeşitli ise modelin genelleme kabiliyeti de o kadar iyi olmaktadır. Yapay sinir ağlarının hava kirliliği modellemesinde oldukça başarılı sonuçlar verdiği ortadadır.

Bulanık mantık ve yapay sinir ağı birleşiminden oluşan ANFIS ile hazırlanan grafiklerle meteorolojik parametrelerin birbirleriyle olan ve kirlilik parametresi olan SO₂ verileriyle karşılaştırılma ve eldeki ölçülen verilerin birbirleriyle ilişkileri bu grafiklerle belirtmeye çalışılmıştır.

Kış aylarında hava kirliliğinin yoğunlaştığı Konya'da yerleşim çok geniş bir alana dağıldığı ve çok farklı özellik gösterdiği için sabit istasyon sayısı ve ölçüm yapılan kirletici parametrelerin sayısı artırılmalı, gezici araçlarla uygun görülen alanlarda (sanayi alanları, trafiğin yoğun olduğu bölgelerde) ölçüm yapılmalıdır.

Tahminler sonucu elde edilen meteorolojik veriler günlük olarak kullanılmalı, bir sonraki günün kirlilik parametrelerinin artabileceği olasılığı değerlendirilmeli, buna göre acil durum planları uygulanmalıdır.

Meteoroloji ve hava kirliliği ölçüm istasyonları modern araçlarla donatılmalı, yeni teknolojiler takip edilmelidir.

İl merkezinde bulunan apartmanlara ait ısıtma sistemlerinin, İl Hıfzı Sahha Kurallarına uygun olarak dış ortam sıcaklığına göz önüne alınarak yakma işlemi yapılmalıdır. Şehrin ısınmadan kaynaklı kirliliğinin önlenmesi için apartmanların

ısıtma sistemleri birleştirilmeli, yeni inşa edilecek yerleşkelerde (çoklu blok) merkezi ısıtma sistemleri kullanılmalıdır. Verimi yüksek yakma sistemleri ve temiz yakıtlar tercih edilmelidir.

Topoğrafik olarak fazla değişim göstermeyen merkezde, meteorolojik faktörler kirliliği uzaklaştırsa bile sanayiden kaynaklanan kirlilik, şehrin üzerine tekrar taşımaktadır. Hızlı bir nüfus artışına sahip olan Konya’da yeni imara açılacak yerleşim alanlarının, endüstri alanlarının, şehrin hâkim rüzgâr yönü göz önünde bulundurularak merkez dışında olmasına dikkat edilmelidir.

Sağlıklı ve dengeli kalkınma kuralları çerçevesinde endüstri kuruluşlarında seçilecek teknolojilerin çevre dostu olmasına dikkat edilmeli, mevcut tesislerin baca gazı arıtım sistemleri tamamlatılmalıdır. Çevre dostu teknolojilerin yakıt kullanımlarında ekonomikliği sanayicilere anlatılmalıdır. Bunun için de eğitim programları düzenlemelidir. Sanayicilerimize çevreye yapılan yatırımların lüks olmadığı anlatılmalıdır.

İl merkezinde, toplam orman alanı (%15) artırılmalı, şehir içi trafiğin yoğun olduğu yol kenarlarında kirliliği tutucu yeşil alanların miktarları çoğaltılmalıdır. Toplu taşıma araçları (tramvay) yaygınlaştırılmalı ve özendirilmelidir.

Güneş enerjisi, rüzgâr enerji gibi çevre dostu, yeni ve yenilenebilir enerji tipleri halka tanıtılmalı, kullanılması sağlanmalıdır.

Motorlu taşıtların egzoz kontrolü sıklaştırılmalı, trafik ekiplerine ehliyet/ruhsat vs. yanında egzoz emisyon raporları sormaları için eğitim verilmelidir.

Doğal gaz kullanımına evsel ısınmada kısa sürede geçilemese de endüstriyel tesisler için yapılacak hatlar bir an önce tamamlanmalıdır. Doğal gaz projeleri, arıtma tesisleri gibi tesisleri için hazırlanacak Çevresel Etki Değerlendirme Raporlarının ilgili kuruluşlara sunulması sırasında, uygulanan prosedür mevzuatlarda yapılacak rehabilite çalışmalarla ayrı bir kategoride değerlendirilmelidir.

Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliğinde kirletici parametreler ve sınır değerleri ile ilgili rakamlar tekrar kontrol edilmeli, parametrelerin sayıları

arttırılmalı, sınır değerler daha aşağı çekilmelidir. Evsel ısınma kaynaklı kirliliğe ayrıntılı yer verilmelidir.

Hava kirliliği ile mücadele çalışmalarında uygulanan cezai işlemlerin caydırıcı olması bakımından, Çevre Hukuku dersi hukuk fakültelerinde önemsenmeli, yargının Medeni Kanunu göre değil, Çevre Kanununa göre karar verme önceliğinin önemi yarının hukukçulara anlatılmalıdır.

Çevre kirliliği ile mücadelede etmenin devletin olduğu kadar her vatandaşın görevi olduğu, ilköğretim seviyesindeki eğitim süreci içinde çocuklara zorunlu derslerde öğretilmelidir.

Ayrıca Konya il merkezinde uygulanan IKONAIR Projesi kapsamında hazırlanan Konya Temiz Hava Eylem Planlarında kömür kullanımının azaltılması ve ısı yalıtımının yaygınlaştırılması özellikle evsel ısınma kaynaklı PM₁₀ konsantrasyonlarının azaltılmasında temel önlemler olduğu belirtilmiştir. Sanayi tesisleri için Avrupa Birliği Entegre Kirlilik Önleme ve Kontrolü Direktifi (IPPC) doğrultusunda ulusal mevzuat gereği alınması gereken önlemler uygulanmalıdır.

Bunun yanı sıra, eylem planlarının belirlenen takvim içinde hayata geçirilmesi ile sanayi kaynaklı PM₁₀, SO₂ ve NO_x emisyonları kontrol altına alınmış olacak ve şehir hava kalitesinin iyileşmesine büyük katkı sağlayacaktır.

Tüm kirlletici parametrelerde Trafik kaynaklı kirliliğin katkısı, diğer kaynaklarının (Sanayi ve Evsel Isınma) katkısı yüksek olması sebebiyle düşük seviyededir. Sanayi ve Evsel Isınma ile ilgili önlemler tamamlandığında, trafiğin kirliliğe katkısı oransal olarak artacağından 2017 yılından itibaren trafik ile ilgili yeni eylem planlarının oluşturulması gerektiği yapılan çalışmada belirtilmiştir. (URL 2)

Kış sezonu boyunca halkı, hava kirliliği hakkında uyarılması ve bilgilendirilmesin de basın, yayın kuruluşları daha dikkatli davranmalıdır. Bu konuyla ilgili yayınlara daha sık yer vermelidir.

7. KAYNAKLAR

Ad-Hoc Working Group on Ozone Directive and Reduction Strategy Development. 1999, Ozone Position Paper, *European Communities*.

Akyürek Ö., Arslan O., Karademir A., 2013, SO₂ Ve Pm₁₀ Hava Kirliliği Parametrelerinin CBS İle Konumsal Analizi: Kocaeli Örneği, *TMMOB Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi*, Ankara 11-13 Kasım.

Aladağ Ç.H., Yolcu U., Eğrioğlu E., 2010, Sarıma Modeli Ve Elman Yapay Sinir Ağının Melez Yaklaşımı İle Ankara Hava Kalitesi Verilerinin Çözümlemesi, *VII. İstatistik Günleri Sempozyumu Bildiriler Kitabı*, 109-114.

Alp K., Tunay O., 1992, İstanbul'da Hava Kalitesi Yönetimi, *İTÜ 3. Endüstriyel Kirlenme Sempozyumu*, İstanbul, 313-323.

Altaş H.İ., 1999, Bulanık Mantık : Bulanıklılık Kavramı, *Enerji Elektrik Elektromekanik-3e*, Bileşim Yayıncılık A.Ş., Temmuz, Sayı 62, 80-85, İstanbul.

Anderson, T. E., Dahlin, M. D., Neefe, J. M., Patterson, D. A., Roselli, D. S., Wang, R. Y., 1996, Serverless network file systems, *ACM Transactions on Computer Systems (TOCS)*, 14(1), 41-79.

Andiç Ö., 2008, Aliğa Çevresindeki Uçucu Organik Bileşiklerin Pasif Örneklemeye Metodu İle Belirlenmesi, *Dokuz Eylül Üniversitesi*, Proje No: 104Y276.

Anonim, 2003, Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliği, 2 Kasım 1986 tarih ve 19269 sayılı Resmi Gazete, *Konya İli Çevre Durum Raporu*, T.C. Konya Valiliği İl Çevre Müdürlüğü, Konya.

Arabacı M., Bayram M., Yüceer M., Karadurmuş E., 2010, Tuğla Ve Kiremit Fabrikalarının Hava Kirliliğine Katkılarının Yapay Sinir Ağı Modellemesi İle Araştırılması, *UKMK- 9 – Gazi Üniversitesi*, 22-25 Haziran.

Atımtay A.T., 2003, Ankara'da Önemli Kavşaklardaki Hidrokarbon Kirliliğinin İncelenmesi, *V. Ulusal Çevre Mühendisliği Kongresi*, 1-4 Ekim Ankara, 334-348.

Atik K., Deniz E., Yıldız E., 2007, Meteorolojik Verilerin Yapay Sinir Ağları İle Modellenmesi, *KSÜ Fen ve Mühendislik Dergisi*, 10(1).

Atlı A., 2002., Hava Kirliliği Dağılımının Belirlenmesi., Yüksek Lisans Tezi., *Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Adana.

Bayram H., 2005, Türkiye'de hava kirliliği sorunu: Nedenleri, alınan önlemler ve mevcut durum. *Toraks Dergisi*, 6,159-165.

Bertoni, G., Tappa, R. ve Allegrini, I., 2000, Assessment of a new device for the monitoring of benzene and other volatile aromatic compounds in the atmosphere, *Annali di Chim.*,90, 249- 263.

Bing Cheng and D. M. Titterington, 1994, Neural Networks: A Review from a Statistical Perspective, *Statist. Sci.*, Volume 9, Number 1, 2-30.

Bonzar, M., Lesjak, M., Mlakar, P., 1991, A neural network based method for short-term predictions of ambient SO₂ concentration in highly polluted industrial areas of complex terrain, *Atmospheric Environment* 27B(2), 221-230.

Bozkurt Z., Arslanbaş D., Pekey H., Pekey B., Zararsız A., Doğan G., Dumanoglu Y.S., Bayram A., Efe N., Tuncel G., 2006, Kocaeli’de Farklı Mikro çevrelerde Uçucu Organik Bileşikler, Ağır Metaller Ve İnorganik Gaz Fazı Kirleticilerin İç Ve Dış Ortam Seviyelerinin Belirlenmesi. VIII. *Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi*.

Boznar, M., Lesjak, M., Mlakar, P., 1993, A neural network-based method for short-term predictions of ambient SO₂ concentrations in highly polluted industrial areas of complex terrain, *Atmospheric Environment*, B 27(2) 221-230.

Ceyhan N., Şevik H., Pekerşen Ş., 1995, Konya İli Hava Kalitesi Yönetimi ve Kirlilik Raporu, *Yanma ve Hava Kirliliği Kontrolü III. Ulusal Sempozyumu*, 11-13 Eylül, Ankara.

Chaloulakou, A., M. Saisana, and N. Spyrellis, 2003, Comparative assessment of neural-networks and regression models for forecasting summertime ozone, *Athens. Sci.. Total Environment.*, 313, 1-13.

Chelani, A. B., Gajghate, D. G., & Hasan, M. Z., 2002, Prediction of ambient PM10 and toxic metals using artificial neural networks, *Journal of the Air and Waste Management Association*, 52(7), 805–810.

Clair T.A., Ehrman J.M., 199), Using Neural Network to Ases the Influence of Changing Seasonal Climates in Modifying Discharge, Dissolved Organic Carbon, and Nitrogen Export in Eastern Canadian Rivers”, *Water Resources Research*, , March, Vol.34, pp.447-445.

Comrie, A.C., 1997, Comparing neural Networks and regression models for ozone forecasting, *Journal of the Air & Waste Managemnt Association*, 47, 653-663.

Çuhadaroglu, B. ve Demirci, E., 1997, Influence of some meteorological factors on air pollution in Trabzon city, *Energy and Buildings*, 25, 3, 179.

Daniel G., and Hisham WM. M. 1992, A passive sampler for atmospheric ozone, *Journal of the Air & Waste Management Association* 42, 169-173.

Doğan Öztürk E., 2010, Proje 2. Çalıştay Konya , 23 Temmuz; Proje 3. Çalıştay, Kayseri, 14 Aralık , *İKONAİR*, Büyükşehirlerde Hava Kalitesi Yönetiminin Geliştirilmesi Projesi.

Dolmacı E., Özden Ö., Döğeroğlu T., GAGA E.O., 2013, Eskişehir’de Bir Petrol İstasyonu Çevresindeki Dış Ortam Uçucu Organik Bileşik (UOB) Derişimlerinin Belirlenmesi, *Hava Kirliliği Araştırmaları Dergisi*, 2, 36–44 .

Dursun S, Ucan HN, 2009, Air Pollution Dimensions Of Konya City And Environmental Effects, *15th International Symposium on Environmental Pollution and its Impact on Life in the Mediterranean Region* October 7 to 11, Bari – Italy.

Dursun, Ş., 1997, Samsun İli Civarındaki Topoğrafik Yapının, bölgenin Hava Kirliliğine Etkisi, *20.Yıl Jeoloji Sempozyumu*, Selçuk Üniv., Müh.-Mim. Fakültesi, 211-215, Konya.

Dursun, Ş., Gürü, M., 1995, SO₂ Konsantrasyonunun Meteorolojik Faktörlerle İlişkisinin Araştırılması ve Yağmur Suyunda Oksitlenmemiş SO₂'nin Ölçümü, *Yanma ve Hava Kirliliği Kontrolü III. Ulusal Sempozyumu*, Ankara.

Elbir T, 2000, Müezzinoğlu A., Bayram A. Evaluation of some air pollution indicators in Turkey. *Environ Int.* 26:5-10.

Erbaşlar, T., Taşdemir, Y., 2007, Kentsel Bir Atmosferdeki Bazı Hava Kirleticilerin Meteorolojik Parametrelerle İlişkilendirilmesi, *Uludağ Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, Cilt 12, Sayı 2, 1-8,.

Gardner M.W., Dorling S.R., 1998, Artificial Neural Networks (The Multi Layer Perceptron) – A Review of Applications in the Atmospheric Sciences, *Atm. Env.*, Vol.32, No14/15., 2627-2636.

Gardner M.W., Dorling S.R., 1999, Neural Network Modelling and Prediction of Hourly NO_x and NO₂ Concentrations in Urban Air in London, *Atm. Env.*, Vol.33,709-719.

Gardner, M. W., and S. R. Dorling, 2000, Statistical surface ozone models: an improved methodology to account for non-linear behavior. *Atmos. Environ.*, 34, 21-34.

Godwin, C. ve Batterman, S. 2007, Indoor air quality in Michigan schools, *Indoor Air*, 17, 109-121.

Güneş M., 1997, Klasik Mantiğa Alternatif:Bulanık Mantık (Fuzzy Logic) ve İşletme Problemlerine Uygulaması, *III.Ulusal Ekonometri ve İstatistik Sempozyumu Bildiriler Kitabı*, 29-30 Mayıs.

Hadjiiski, L., and P. Hopke, 2000, Application of artificial neural networks to modeling and prediction of ambient ozone concentrations, *J. Air Waste Management Assoc.*, 50, 894-901.

Hangartner, M., P. Burri, and Ch Monn, 1989, Passive sampling of nitrogen dioxide, sulfur dioxide and ozone in ambient air, *Proceedings of the 8th World Clean Air Congress*, Man and His Ecosystem. Vol. 3.

Hecq, P., van Aalst, R., Barnes, R., Bauman, R., Edwards, L., van den Hout, D., Hauer, A., deFreitas, C.C.L., van Leeuwen, R., Rea, J., Rudolf, W. ve De Saeger, E. 1997, SO₂ position paper, November.

Ibara- Barastegi G., Elias A, Barona A., Saenz J., Ezcurra A., Argandona J.D., 2007, From diagnosis to prognosis for forecasting air pollution using neural networks: Air pollution monitoring in Bilbao, *Environmental Modelling & Software*.

Jang, J. S. R., Sun, C.T., Mizutani, E., 1997, Neuro-Fuzzy and Soft Computing, *Prentice Hall, New Jersey*. pp: 1081.

K. M. Mok and S. C. Tam, 1998, Short-Term Prediction of SO₂ Concentration in Macau with Artificial Neural Networks, *Energy and Buildings*, 28, pp.279-286.

Kabaca Ş. M., Gerger V., Yetgin S., Sofuoğlu S. C., İnal F., 2007, İstanbul İli Ozon Konsantrasyonlarının Yapay Sinir Ağları İle Tahmini, 7. *Ulusal Çevre Mühendisliği Kongresi Yaşam Çevre Teknoloji*, 24-27 Ekim, İzmir.

Karaca F., Alagha O., Gören S., 2009, Bir Derleme Çalışması: İç Ortam Hava Kalitesinin Müzeler Ve Tarihi Bina Envanterinde Bulunan Eserlere Etkilerinin Araştırılması, Risk Değerlendirmesi Ve Uygun Kontrol Sistemlerinin Önerilmesi *IX. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi*,.

Kay, J. W. and D.M. Titterington, 1999, *Statistics and Neural Networks*, Oxford University Pres. New York.

Kaya D., Öztürk H., Hava Kalitesi Yönetimi, ISBN: 9786055936846, 2013.

Keleşoğlu Ö., Ekinci C. E., 2008, Sivas İlinde Yapay Sinir Ağları İle Hava Kalitesi Modelinin Oluşturulması Üzerine Bir Uygulama, *E-Journal of New World Sciences Academy*, Volume: 3, Number: 1, Article Number: A0046, ISSN:1306-3111.

Kenneth R.D., and West P.W., 1973, Collection and determination of sulfur dioxide incorporating permeation and West-Gaeke procedure, *Environmental science & technology* 7.6, 526-532.

Kolehmainen M., Martikainen H., Ruuskanen J., 2001, Neural networks and periodic components used in air quality forecasting, *Atmospheric Environment*, Volume 35, Issue 5, Pages 815-825.

Konya Büyükşehir Belediye Başkanlığı, 2012.

Konya Temiz Hava Eylem Planı (2013-2019)

Kunt F, 2007, Hava Kirliliğinin Yapay Sinir Ağları Yöntemiyle Modellenmesi ve Tahmini, *Yüksek Lisans Tezi*, S.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.

Kunt F., Dursun Ş., 2010, Konya Merkezinde Hava Kirliliğine Bazı Meteorolojik Faktörlerin Etkisi, *Hava Kirliliği ve Kontrolü Ulusal Sempozyumu* , 25-27 Ekim, Ankara.

Lee, Jae Sung, Kyung Hee Lee, and Jeong Yong Lee., 1992, Selective chemisorption of carbon monoxide and hydrogen over supported molybdenum carbide catalysts, *The Journal of Physical Chemistry*, 96.1, 362-366.

Lin CT, Lee CSG, 1995, *Neural fuzzy systems*, Prentice Hall P T R 797, New Jersey.

Liu, L. J., Koutrakis, P., Suh, H. H., Mulik, J. D., Burton, R. M., 1993, Use of personal measurements for ozone exposure assessment: a pilot study, *Environmental health perspectives*, 101(4), 318.

Löublod, G., Palmgren, F., Aalst, R., Allegrini, I., Bauman, R., Derauone, A., Edwards, L., Fiala, I., Hauer, A., Hawkins, M., Lahtinen, T., Leeuwen, R., Nilsson, M., Pohjola, V., Saeger, E. ve De Santis, F., 1997, Position Paper on Air Quality. Nitrogen Dioxide, European Commission Directorate.

Martin F., and Svanberg P., 1998, Cost-efficient techniques for urban-and background measurements of SO₂ and NO₂ , *Atmospheric environment*, 32.8 , 1377-1381.

Mazmancı B., Mazmancı M.A., Atatanır L., Turgut C., Schramm K.W, Bernhard Henkelmann B., 2012, Mersin Toroslarda Bazı Organik Klorlu Pestisitlerin Pasif Birikim Çalışmaları, 21. Ulusal Biyoloji Kongresi, Ege Üniversitesi, 03–07 Eylül, İzmir .

Mlakar P., Boznar M., 1997, 1Perceptron Neural Network-Based Model predicts Air Pollution, Proceedings on Intelligent Information Systems, IIS'97, IEEE Computer Society, 0-8186-8218-3, pp.345-349.

Mlakar, P., Boznar, M., Lesjak, M., 1994, Neural Networks Predict Pollution, *Air Pollution Modelling and Its Application X Plenum Press.*, 659-660, New York.

Monn Ch., and Hangartner. M. 1990, Passive sampling for ozone, *Journal of the Air & Waste Management Association*, 40.3, 357-358.

More A., Deo M.C., 2003, Forecasting wind with neural Networks, *Marine Structures*, 16:35-49.

Mulik, J. D., 1977, Ion chromatography: a new analytical technique for the assay of sulfate and nitrate in ambient aerosols, Natl. Bur. Stand.(US), Spec. Publ.:(United States) 464.CONF-760985.

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

Nie, J., 1995, Constructing fuzzy model by self-organizing counterpropagation network, IEEE Trans. Systems, *Man and Cybernetics*, 25, 6, 963-970.

Oprea M. and Matei A., 2010, Applying artificial neural networks in environmental prediction systems in Proceedings of the 11th WSEAS International Conference on Automation & Information (ICAI'10), (Stevens Point, Wisconsin, USA), *World Scientific and Engineering Academy and Society*, 110–115.

Özcan H.K., Şahin Ü., Bayat C. ve Uçan O.N., 2006, İstanbul İli Troposferik Ozon (O₃) Konsantrasyonlarının Hücresel Yapay Sinir Ağ Yöntemiyle Modellenmesi, *Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak Der.*, Cilt 21, No 2, 239-245.

Özdemir V., 2011, Türkiye'nin Karbonizasyon İndeksinin Temel Enerji Göstergelerine Bağlı Olarak Yapay Sinir Ağları İle Tanımlanması, *Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der.* Cilt 26, No 1, 9-15.

Özden Ö., Koçaker S., Döğeroğlu T., 2008, Eskişehir'de Azot Dioksit (NO₂) Ve Kükürt Dioksitin (SO₂) Kış Dönemi İç Ve Dış Ortam Seviyelerinin Pasif Örnekleme Yöntemiyle Ölçümü, *Hava Kirliliği ve Kontrolü Ulusal Sempozyumu-2008*, 22-25 Ekim Hatay.

Özden Ö., Yay D.O., Altuğ H., Gaga E., Demirel G., Döğeroğlu T., Örnektekin S., Meliefste K., Doorn W. V., 2008, Eskişehir'de Hava Kirliliği Ön Değerlendirme Çalışmalarının Pasif Örnekleme Yöntemiyle Gerçekleştirilmesi, *Hava Kirliliği ve Kontrolü Ulusal Sempozyumu-2008*, 22-25 Ekim HATAY.

Özden, Ö., 2005, Hava Kalitesinin Monitorlanmasın da Pasif Örnekleycilerin Kullanılması, *Yüksek Lisans Tezi*, Anadolu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir, Türkiye.

Özer U, Aydın R, Akçay H. 1997, Air pollution profile of Turkey. *Chemistry International*, 19:90-1.

Öztemel, E., 2003, *Yapay Sinir Ağları*, Papatya yayınevi, İstanbul.

Palazzolo, M. A., Steinmetz, J. I., Lewis, L. L., & Beliz, J. F., 1985, Parametric evaluation of VOC/HAP destruction via catalytic incineration. Publ./US. Environmental protection agency.

Palmes, E. D., et al., 1976, Personal sampler for nitrogen dioxide, *The American Industrial Hygiene Association Journal*, 37.10, 570-577.

Patterson, D. W., 1996, Artificial Neural Networks, *Prentice Hall*. New York.

Peavy, H.S., 1985, Environmental Engineering. McGraw-Hill, USA.

Perautonis S.J. Vasslass N. Anamaidis G.T. et. Al., 1994, Neural Network Techniques for SO₂ Episode Prediction, Air Pollution Modelling and Its Application X Plenum Press. Pp.305-313, New York.

Perez, P., Trier, A., 2001,. Prediction of NO and NO₂ concentrations near a street with heavy traffic in Santiago, Chile. *Atmospheric Environment*, 35, 1783–1789.

Polat K., 2012, A novel data preprocessing method to estimate the air pollution (SO₂): neighbor-based feature scaling (NBFS), *Neural Computing and Applications*, November, Volume 21, Issue 8 , pp 1987-1994.

Prybutok V.R., Yi J., Mitchell D., 2000, Comparison of neural network Models with ARIMA and regression models for Prediction of Houston's daily maximum ozone concentrations, *European of Operational Research*, 122:31-40.

Reich S.L. Gomez D.R. Daviovsiki L.E. 1999, Artificial Neural Networks For the Identification of Unknown Air Pollution Sources, *Atm. Env.*, 33 pp.3045-3052.

Ruiz – Suarez, J.C., Mayora- Ibarra, O.A., Torres- Jimenez, J. and Ruiz- Suarez, L.G., 1995, Short Term Ozone Forecasting by Artifical Neural Networks, *Advences in Engineering Software*, 23:143-149.

Rusznak C, Bayram H, Devalia JL, Davies RJ., 1997, Impact of the environment on allergic lung diseases. *Clin Exp Allergy*, 27(Suppl 1):26-35.

Salinas M, Vega J., 1995, The effect of outdoor air pollution on mortality risk: an ecological study from Santiago, Chile. *World Health Stat Q*; 48:118-25.

Sarle, W. S., 1994, Neural Networks and Statistical Models, Proceedings of the Nineteenth Annual SAS Users Group International Conference, Cary, NC: SAS Institute.

Savić M., Mihajlović I., Arsić M. ve Živković Ž., 2014, ANFIS model based prediction of the surface ozone concentration, *J. Serb. Chem. Soc.* 79 (0) 1–19.

Savić, M., Mihajlović I., Živković Ž., 2013, An ANFIS – Based Air Quality Model for Prediction of SO₂ Concentration in Urban Area, *Serbian Journal of Management*, 8(1) 25.

Spengler, J. D., Brauer M., and Koutrakis P., 1990, Acid air and health, *Environmental Science & Technology* 24.7 , 946-956.

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

Sugeno M.and Takagi T., 1983, Multi-dimensional fuzzy reasoning, *Fuzzy Sets and Systems*, vol. 9, no. 2.

T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı, 2005, <http://www.cevre.gov.tr>.

Tavşan S., 2010, Sanayileşmiş Kıyısı Bölgedeki Ortam Havasında Uçucu Organik Bileşik Kirliliği: Gyte Muallimköy Yerleşkesi Ve Dilovası Yerleşim Bölgesinde Btex Ölçümleri, *Yüksek Lisans Tezi* Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı.

Taylan, O. and Taskin, H., 2003, Fuzzy modeling of a production system, *Journal Naval Science Engineering*, 1, 1-13.

TC Başbakanlık Devlet Planlama Teşkilatı (DPT), 1997, Enerji sektöründen kaynaklanan hava kirliliği. Ulusal Çevre Eylem Planı. Ankara.

Tecer L.H., 2013, 27.01.2013 Tarihinde Aksa Akrilik Kimya Sanayi A.Ş. Tesisi, Poli(Akrilonitril) (Pan) Elyaflarının Depolandığı Bölümde Meydana Gelen Yangın Sonucunda Açığa Çıkan Emisyon ve Atıkların Bölgedeki Hava Kirliliği ve Çevreye Etkilerinin Değerlendirilmesi Raporu, Şubat, Hava Kirliliği Ve Çevreye Etkilerinin Değerlendirilmesi.

Turalıoğlu F. S., 2011, Bitkilere Zararlı Olan Ozon, Azot Dioksit ve Kükürt Dioksit'in Erzurum Atmosferindeki Değişimleri, *GOÜ, Ziraat Fakültesi Dergisi*, 28(1), 73-77.

URL 1. <http://tr.wikipedia.org/wiki/Anadolu> (Access, December 2013)

URL 2. <http://www.csb.gov.tr/db/konya/icerikbelge/icerikbelge1500.pdf> (Konya Temiz Hava Eylem Planı 2013-2019)

URL 3 <http://www.sigmacenter.com.tr/minitab-istatistik-yazilimi.html>

URL 4 www.istatistikanaliz.com/spss.pdf

URL 5 http://www.csb.gov.tr/db/ced/editordosya/Konya_icdr2012.pdf.

Uygur N., Saral A., 2013, Marmara Denizinin İstanbul Kıyı Atmosferi Aerosol Karakterizasyonu Üzerine Etkisinin Değerlendirilmesi, *Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi*, Sigma 31, 429-439.

Walinder, R., Norback, D., Wieslander, G., Smedje, G. ve Erwall, C. , 1997, Nasal Mucosal Swelling in Relation to Low Air Exchange Rate in Schools, *Indoor Air*, 7, 198-205.

Warner, B., Misra, M., 1996, Understanding neural Networks as statistical tools, *The American Statistician*, 50, 284-293.

Werner H., 1992, Das Indigopapier. Sensitives Element zum Aufbau von Passivsammlern zur Messung von Ozonimmissionen. Schriftenreihe der Forstwiss Fakultät der Universität München und der Bayer Landesanstalt f Wald u Forstwirtschaft. Forstl Forschungsberichte München, Nr 122.

White, H., 1989, Learning in Artificial Neural Networks: A Statistical Perspective, *Neural Computation*, Vol. 1, No. 4, 425—464.

Xu-Liang C., and Hewitt N.C., 1993, Thermal desorption efficiencies for different adsorbate/adsorbent systems typically used in air monitoring programmes, *Chemosphere* 27.5, 695-705.

Yalçın G.E., 2013, Çevre Mühendisliği Bölümü, Eylül Balıkesir Ve Çevresinde Uçucu Organik Bileşiklerin Ortam Sonuçlarının İncelenmesi, *ODTÜ*.

Yanagisawa, Y., Nishimura, H., Matsuki, H., Osaka, F., & Kasuga, H., 1986, Personal exposure and health effect relationship for NO₂ with urinary hydroxyproline to creatinine ratio as indicator. *Archives of Environmental Health: An International Journal*, 41(1), 41-48.

Yay O.D. , Özden Ö., Altuğ H., , Gaga E., Erdemir G., Örnektekin S., Döğeroğlu T., Meliefste K., Doorn W.V., 2008, İskenderun-Payas Bölgesinde Pasif Örnekleme ile Hava Kalitesinin Ön Değerlendirmesi, *Hava Kirliliği Ve Kontrolü Ulusal Sempozyumu-2008*, 22-25 Ekim, Hatay.

Yeşilyurt C., Akcan N., 2007, Hava Kalitesi İzleme Metodolojileri Ve Örneklem Kriterleri, , T.C Sağlık Bakanlığı Refik Saydam Hıfzıssıhha Merkezi Başkanlığı Çevre Sağlığı Araştırma Müdürlüğü, (http://www.shm.saglik.gov.tr/hki/pdf/hava_metot.pdf.) ISBN 975-590-032-2.

Yetilmezsoy, K., Ozkaya, B., Cakmakci, M., 2011, Artificial intelligence-based prediction models for environmental engineering, *Neural Network World*, 3 (11), 193-218.

Yıldırım Y., Bayramoğlu M., 2006, Adaptive neuro-fuzzy based modelling for prediction of air pollution daily levels in city of Zonguldak Chemosphere, 63, 1575–1582.

Yılmaz Civan M., 2010, Bursa Atmosferinde Organik Kirleticilerin Mekânsal Dağılımı: Mevsimselliği ve Sağlık Etkisi, Şubat, ODTÜ.

Yi, J., Prybutok, V.R., 1996, A Neural network model forecasting for prediction of daily maximum ozone concentration in industrialized urban area, *Environmental Pollution*, 92, 349-357.

Yüksek A.G., Bircan H., Zontul M. ve Kaynar O., 2007, Sivas İlinde Yapay Sinir Ağları İle Hava Kalitesi Modelinin Oluşturulması Üzerine Bir Uygulama, *Cumhuriyet Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, cilt 8, sayı 1, 97-112.

Zadeh, L. A., 1968, Fuzzy algorithms, *Information and control* 12.2, 94-102.

Zadeh, L.A., 1965, Fuzzy sets, *Information and Control*, 8, 338-353.

Zadeh, L.A., 1973, Outline of a new approach to the analysis of complex systems and decision processes, *IEEE Transactions on Systems, man, and Cybernetics*, Vol. SMC-3, No. 1,.28-44, January.

EK 1

İLKOKUL, ORTAOKUL VE LİSE ÖĞRENCİLERİNİN HAVA KİRLİLİĞİ BİLGİ DÜZEYİ ANKET FORMU (KONYA, 2011)

Değerli Öğrenciler, bu çalışma sadece bilimsel amaçla kullanılacaktır. Bunun sonucunda size not verilmeyecektir.

Lütfen adınızı yazmayınız.

- 1- Sınıfınız.....
- 2- Yaşınız
- 3- Cinsiyetiniz () Erkek () Kız
- 4- Kaç kardeşiniz var :
- 5- Kaçını çocuksunuz :
- 6- Aile tipiniz hangisidir? () Çekirdek aile () Geniş aile () Parçalanmış
- 7- Ebeveynlerinizin öğrenim durumu
Anneniz () Okur yazar değil() İlkokul mezunu () Ortaokul mezunu () Lise mezunu ()
Yüksekokul mezunu
Babanız () Okur yazar değil() İlkokul mezunu () Ortaokul mezunu () Lise mezunu ()
Yüksekokul mezunu
- 8- Ailenizle oturduğunuz ilçe.....
- 9- Evinizde ısıtmada ne kullanıyorsunuz?
() Doğalgaz () Odun-kömür () Elektrikli soba () Diğer
- 10- Yaşadığınız yerin havası sizce temiz mi? () Hayır () Evet () Kararsızım
- 11- Hava kirliliğinin nedenleri ne olabilir? (Birden fazla işaretleyebilirsiniz)
() Hızlı nüfus artışı
() Kalitesiz kömür kullanımı
() Trafikte araba sayısının artışı
() Ev veya fabrikaların baca dumanı
() Sanayileşmenin artması
() Atıklar/ çöp yanması ya da yakılması
() Diğer.....
- 12- Hava kirliliğini en çok hangi mevsimde hissediyorsunuz?
() Sonbahar () Kış () İlkbahar () Yaz
- 13- Hava kirliliğinin azaltılması amacıyla ders işlediniz mi? () Hayır () Evet
- 14- Okulda arkadaşlarınızla hava kirliliği ile konuşmalarınız oluyor mu? () Hayır () Evet
- 15- Hava kirliliği sizce nasıl azaltılabilir?
.....
- 16- Doğalgaz kullanımının hava kirliliğinin azaltılmasında etkisi var mı? () Hayır () Evet
- 17- Hava kirliliği sonucunda ne gibi sorunlar oluşur? (Birden fazla işaretleyebilirsiniz)
() Solunum sistemi hastalıklarının artması (Burun, boğaz hastalıkları, astım, bronşit gibi)
() Sera etkisinin oluşması
() Asit yağmurlarının meydana gelmesi
() Hayvanlara zararlı etkisi
() Diğer.....
- 18- Sizce büyükleriniz hava kirliliği konusunda dikkatli midir? () Hayır () Evet
- 19- Hava kirliliği konusunda en çok nereden bilgi alıyorsunuz? () Televizyondan () İnternette () Öğretmenimden () Anne, babamdan () Gazeteden () Arkadaşımdan

Ankete katıldığınız için teşekkür ederiz.

8. ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER	
Adres	Selçuk Üniversitesi Mühendislik Fak. Çevre Müh. Bölümü 42003 KONYA
Tel	0541 2481558
Faks	0332 2410635
E-mail	fatmakunt@selcuk.edu.tr – fcelebii@hotmail.com
Uyruğu	TC.
Doğum tarihi	01.01.1982
Doğum yeri	KONYA
EĞİTİM	
Doktora	Selçuk Üniversitesi, Çevre Mühendisliği ABD, Mezuniyet yılı : 2014
Yüksek lisans	Selçuk Üniversitesi, Çevre Mühendisliği ABD, Mezuniyet yılı : 2007
Lisans	Selçuk Üniversitesi, Çevre Mühendisliği, Mezuniyet yılı : 2004
İŞ DENEYİMİ	
• 2005 - 2007 Aksaray Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi • 2007 - 2014 Selçuk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi (35. Madde)	
YABANCI DİL BİLGİSİ	
• İngilizce, İyi derecede	
UZMANLIK ALANLARI	
• Hava Kirliliği • Modelleme	

MAKALELER

SCI, SCIE, SSCI Kapsamındaki Uluslararası Hakemli Dergilerde Yayımlanmış Makaleler

- Şükrü Dursun, S.Savas Durduran, **Fatma Kunt**, "Flouride Concentration Modelling in Konya City Drinking Water Wells via Geographic Information Ssystem(GIS)"Asian Journal of Chemistry, (An International Bimonthly research Journal of Chemistry), Vol: 21, Issue: 6,PP: 4805-4811, 2009 (<http://www.asianjournalofchemistry.co.in/images/abstractCurrent.pdf>)

Diğer Uluslararası Hakemli Dergilerde Yayımlanmış Makaleler

- S. Savas Durduran, **Fatma Kunt**, Sukru Dursun, Noise Pollution Mapping in Konya (Turkey) City Hospitals Using GIS Model# *J. Int. Environmental Application & Science*, Vol. 3(5): 415-421 (2008)
- **Fatma Kunt**, Sükrü Dursun, "Akşehir Lake Ecological Property and Problems in Lake Strict (Konya Closed Basin of Turkey), *Journal of International Environmental Application & Science* (Albalakes'09 Special :Issue) Vol: 4, Issue: 3, PP: 344-349, 2009.
- Sukru Dursun, **Fatma Kunt**, Esra Tezcan, E. Şule Yanıkaya, Hysen Mankolli, "Investigation Of Toxic Level of Soil Lead Pollution By Phytotoxicity Method", *International Journal of Ecosystems and Ecology Science (IJEES)* Volume 2/3, 2012 page 155-162.
- **Kunt, Fatma**, and Sukru Dursun. "Measurement of Atmospheric Ozone Concentration Using Passive Sampler Method in Konya City Centre during 2011-2012 Winter Period." *Journal of International Environmental Application & Science* 7.5 (2012).
- Çiftçi, Ç., Dursun, S., Levend, S., & **Kunt, F.** "Topoğrafik Yapı, İklim Şartları ve Kentleşmenin Konya'da Hava Kirliliğine Etkisi" *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi (European Journal of Science and Technology)*, 1(1), 19-24. 2013).
- Sukru Dursun, **Fatma Kunt**, Huseyin Toros, Hysen Mankolli, "Climate Change And The Changes in Regional Precipitation", *International Journal of Ecosystems and Ecology Science (IJEES)* Volume 4/1, 2014 page 1-4;

BİLDİRİLER

1. **Çelebi F.**, Argun, M.E., Dursun, S., Ozdemir, C , Ağır Metal İçeren Atık Suların Klinoptilolit Kullanılarak Arıtımı, Türkiye Pomza Sempozyumu ve Sergisi, 339 - 342, 2005.
2. Dursun, Ş., Güçlü, D., **Çelebi F.**, C., Yılmaz, N., Modelling of SO2 Concentrations using Artificial Neural Networks, VI-th International Scientific Conference on Modern Management of Mine Producing, Geology and Environmental Protection, 12-16 June, Albena Resort Bulgaria, Vol.I, 435-443., 2006.
3. Dursun, Ş., Argun, M.E., Çelik, N., **Çelebi F.**, Copper (II) Removal from Wastewater by Natural Zeolits, International Conference on Environment: Survival and Sustainability, 19-24 February Near East University, Nicosia-Northern Cyprus, 447, 2007.
4. **Kunt, F.**, Kurmaç, Y., Altaş, L., Güllü, Ö., Işık, M., Aksaray ili Kentsel Atıksularının İklimsel Koşullarda Anaerobik Arıtımı, 18-21 Nisan, Ulusal Çevre Sempozyumu Mersin, 34, 2007 (Sözlü)
5. **Kunt, F.**, Kurmaç, Y., Altaş, L., Güllü, Ö., Işık, M., Endüstriyel Atıksulardan Biyokatalitik Olarak Kalsiyum Giderimi, 18-21 Nisan, Ulusal Çevre Sempozyumu Mersin, 35, 2007 (Sözlü)
6. Dursun, Ş., Argun, M.E., Çelik, N., **Kunt, F.**, Heavy Metal (Cu2+) Removal from Industrial Water Using Clinoptilolite, VII-th International Scientific Conference on Modern Management of Mine Producing, Geology and Environmental Protection, 12-15 June, Bulgaria, Vol.I, 135., 2007
7. Özlem GÜLLÜ, **Fatma KUNT**, Yakup KURMAÇ, Mustafa IŞIK, Özcan ORUÇ, Murat KAVURMACI, Hatim ELHATİP, Tarım İlaçları kongre ve Sergisi, Kimya Mühendisleri Odası ve Ziraat Müh. Odası Ankara, 25-26 Ekim 2007.(Sözlü)

8. Ertuğrul ESMERAY, Mustafa Karataş, **Fatma KUNT**, “Ağır Metallerin Çevresel Etkileri” BIES'08 Blacksea International Enviromental Symposium, Uluslararası Karadeniz Çevre Sempozyumu, 25-29 August, Giresun/Turkey Proceeding Book, Vol. III, 549-554., 2008
9. Ertuğrul ESMERAY, **Fatma KUNT**, “Bulanık Mantık (Fuzzy-Logic) Çevre Mühendisliği Uygulamaları” BIES'08 Blacksea International Enviromental Symposium, Uluslararası Karadeniz Çevre Sempozyumu, 25-29 August, Giresun/Turkey, Proceeding Book, Vol. III, 555-561., 2008
10. Şükrü Dursun, **Fatma Kunt**, Erkan Kalıpçı, “An alternative Analyse Method for Pesticide in Aquatic Environment: Phytotoxicity Test”, BIES'08 Blacksea International Enviromental Symposium, Uluslararası Karadeniz Çevre Sempozyumu, 25-29 August, Giresun/Turkey, Vol. III, Abstract Book, Syf.162, 2008
11. **Fatma Kunt**, Sükrü Dursun, “Akşehir Lake Ecological Property and Problems in Lake Strict (Konya Closed Basin of Turkey “ 24-26 April, International Conference “Lakes and Nutrient Loads”, Alblakes09, Agricultural University of Tirana-Pogradec, Proceedings Page 38-43, 2009(Oral)
12. **Fatma Kunt**, Sükrü Dursun, " Kül ve Benzeri Atıkların Depolanmasında Çevresel Etkilerin Azaltılması " Anadolu Üniversitesi, Ulusal Katı Atık Yönetimi Kongresi, UKAY 2009 Bildiri Kitabı Syf.486,, Eskişehir, 2009 (Sözlü)
13. Sükrü Dursun, Emine İpekçi, **Fatma Kunt**, S.Savaş Durduran, "Konya İl Merkezinde Katı Atıkların Toplanmasında Uygulanabilecek Optimizasyon Çalışması" Anadolu Üniversitesi, Ulusal Katı Atık Yönetimi Kongresi, UKAY 2009 Bildiri Kitabı Syf. 68, Eskişehir, 2009 (Poster)
14. **Fatma Kunt**, Sükrü Dursun, “Heavy Metal Removal from Water Using Zeolites”, MESAEP 15th International Symposium on Environmental Pollution and its Impact on Life in the Mediterranean Region with focus on Environmental Threats in the Mediterranean Region: Problems and Solutions, Book of Abstracts Page: 169, October 7-11, 2009, Bari, Italy
15. Şükrü Dursun, **Fatma Kunt**, “Orman Yangınları ve Meteorolojik Faktörler Arasındaki İlişkinin Değerlendirilmesi, Syf: 63, 5-7 Mayıs Ekoloji Sempozyumu, Aksaray, 2010(Sözlü)
16. **Fatma Kunt**, Şükrü Dursun, “Konya Merkezinde Hava Kirliliğine Bazı Meteorolojik Faktörlerin Etkisi” 25-27 Ekim 2010 Hava Kirliliği ve Kontrolü Ulusal Sempozyumu, Ankara
17. **Fatma Kunt**, S.Savas Durduran, Cevat İnal, Şükrü Dursun, “Preparation of Noise Map By Geographic Information System (GIS) around Konya Coach Station”, International Conference of Ecosystems (ICE), Tirana, Proceeding Book Page 14-17 Albania, June 4-6 2011. (Oral)
18. Sukru Dursun, **Fatma Kunt**, Aysel Kekillioglu, Hysen Mankolli, “Adsorption of heavy metal ions by the special soils”, International Conference of Ecosystems (ICE), Tirana Proceeding Book Page:600-601,- Albania, June 4-6 2011.
19. **Fatma Kunt**, Şükrü Dursun, “Development in Konya Air Quality Change for Last 20 Years”, Second International Conference on Air Pollution and Control (CAPAC II), Book of Abstracts Page: 115, 19-23 September 2011. Antalya.
20. Şükrü Dursun, **Fatma Kunt**, Esra Tezcan, E.Şule Yanıkaya, Hysen Mankolli, “Remediation of Heavy Polluted Soils Using Some Tree Species” 2nd International Conference of Ecosystems, Tirana, Abstract Book Page 16 Albania, June 1-6 2012 (Oral).
21. **Fatma Kunt**, Şükrü Dursun, “Determination of The Konya City Air Quality Using Passive Sampler Method” 2nd International Conference of Ecosystems, Tirana, Abstract Book Page 59 Albania, June 1-6 2012 (Oral).
22. Şükrü Dursun, **Fatma Kunt**, Hysen Mankolli, “Assessment of Air Quality in Terms of PM Pollution in Konya” 2nd International Conference of Ecosystems, Tirana, Abstract Book Page 16 Albania, June 1-6 2012 (Poster).
23. **Fatma Kunt**, Şükrü Dursun, “Measurement of Atmospheric Ozone Concentration Using Passive Sampler Method in Konya City Centre During 2012 Winter Period” International Conference on “Towards future sustainable development” Shkoder Albania, Abstract Book page:192, November 16th-17th 2012 (Poster).

24. **Fatma Kunt**, Sukru Dursun Solvent Recovery and Concentrate Paint Production From Waste Paint of Packaging Industry International Conference of Ecosystems (ICE 2013) Tirana, Albania, page: 144, May 31- June 5, 2013.
25. **Fatma Kunt**, Sukru Dursun, Environmental awareness of primary school students in the Konya province school, International Conference of Ecosystems (ICE 2014) Tirana, Albania, page:75, 23-26 May, 2014.
26. **Fatma Kunt**, Carbon Emission Reduction and Energy Resources Relationship, "International Environmental Sciences Symposium of Van (IESSV), page: 106, 4-7 June, 2014.

KİTAPLAR

- Kunt F. et al. (Eds.) BIEAS'08 Blacksea International Environmental Symposium Abstract Book. (293) Giresun-Turkey, 2008
- Kunt F. et al. (Eds.) BIEAS'08 Blacksea International Environmental Symposium Proceeding Book, Vol 3. (1-619) Giresun-Turkey, 2008.
- Şükrü Dursun, M.Emin Argun, Nazan Çelik, Fatma Çelebi, Copper (II) Removal from Water by Natural Zeolites, H.Gökçekuş et.al. Survival and Sustainability, Environmental Earth Sciences. DOI 10.1007/978-3-540-95991-5_78 © Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2010, pp:831-840

EĞİTİM VE ÖĞRETİM ETKİNLİKLERİ

Tez Konuları

- "Ağır Metal İçeren Atık Suların Klinoptilolit Kullanılarak Arıtımı" (Lisans)
- "Hava Kirliliğinin Yapay Sinir Ağları Yöntemiyle Modellenmesi ve Tahmini" (Yüksek Lisans)
- "Bulanık Mantık Ve Yapay Sinir Ağları Yöntemleri Kullanılarak Konya İl Merkezi Hava Kirliliği Modellenmesi" (Doktora)

ARAŞTIRMA PROJELERİ & ARAŞTIRMA DENEYİMİ

- Işık Mustafa (Proje yürütücüsü), **Kunt Fatma** (Proje Araştırmacısı) Kentsel Atıksuların İklim Koşullarında Ardışık Anaerobik/aerobik Proseslerle Arıtımı. Niğde Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi (BAP), No:FEB (Eylül 2005-Eylül 2008) (1yıl 6 ay çalışıldı.)
- Elhatip Hatim (Proje yürütücüsü) & Işık Mustafa (Proje yürütücüsü). **Kunt Fatma** (Proje Araştırmacısı), Aksaray Bölgesi Su Kaynaklarında Pestisit Kirliliği ve Pestisitlerin Biyolojik Olarak Parçalanabilirliği. DPT İleri Araştırma Projesi. No:2006K120880-1, (Haziran 2006-Haziran2009) (1yıl 6 ay çalışıldı.)
- Işık Mustafa (Proje yürütücüsü), **Kunt Fatma** (Bursiyer), Endüstriyel Atıksulardan Biyokatalitik Olarak Kalsiyum Giderimi. TÜBİTAK Kariyer Projesi, No: ÇAYDAG 105Y262. (Mayıs 2006 – Mayıs 2010) (1yıl 6 ay çalışıldı.)
- Dursun Şükrü, **Çelebi Fatma**, Hava Kirliliğinin Yapay Sinir Ağları Yöntemiyle Modellenmesi ve Tahmini, Selçuk bilimsel Araştırma Projeleri Birimi (BAP), No:06101033, (2005-2007)
- Dursun Şükrü, **Kunt Fatma**, Bulanık Mantık Ve Yapay Sinir Ağları Yöntemleri Kullanılarak Konya İl Merkezi Hava Kirliliği Modellenmesi, Selçuk bilimsel Araştırma Projeleri Birimi (BAP), No:09101051, (2009-2014)

• Dursun Şükrü, Kunt Fatma, Konya’da Hava Kirliliği Ön Değerlendirme Çalışmalarının Pasif Örnekleme Yöntemiyle Gerçekleştirilmesi, Selçuk bilimsel Araştırma Projeleri Birimi (BAP), No:10401028, (2010-2014)
ORGANİZASYONDA YER ALINAN ETKİNLİKLER
- BIES'08-Blacksea International Environmental Symposium-25-29August 2008 Giresun / TURKEY - Organizing Committee, ICE’2012, International Conference on Ecosystems, June 1-6, 2012, Tirana/ ALBANIA - Organizing Committee, ICE’2013, International Conference on Ecosystems, May 31-June 5, 2013, Tirana/ ALBANIA - Organizing Committee, ICE’2014, International Conference on Ecosystems, May 23-26, 2014, Tirana/ ALBANIA - Organizing Committee, IESSV 2014, International Environmental Sciences Symposium of Van TURKEY - Organizing Committee, ICE’2015, International Conference on Ecosystems, June 5-8, 2015, Tirana/ ALBANIA
YARDIMCI OLUNAN DERSLER
- Çevre Mikrobiyolojisi Laboratuvarı - Temel Bilgi Teknolojileri Laboratuvarı - Hava Kirliliği ve Kontrolü Laboratuvarı - Atıksu Arıtımı Yılıçi Uygulaması - Teknik Resim I - Temel Bilgisayar Bilimleri - Çevre Kimyası Laboratuvarı 1 - Genel Kimya Laboratuvarı 1 - Genel Kimya Laboratuvarı 2 - Temel İşlemler Laboratuvarı
EĞİTİMLER, SEMİNERLER, RAPORLAR
Seminer ve Eğitimler - MATLAB Fundamentals and Programming Techniques (June 23-24, 2008) - Çevresel Risk Değerlendirmesi (15-16 Aralık 2009 – Seminer) - Workshop on Medical Waste Management (15-16 June 2011) - MATLAB Fundamentals (7-8 April 2011) - MATLAB for Data Analysis and Visualization (13 June 2011) - MATLAB for Building Graphical User Interfaces (14-15 June 2011) - Image Processing with MATLAB (20-21 June 2011) - ISO 9001:2008 Kalite Yönetim Sistemi temel Eğitimi + İç Denetçi Eğitimi 24 Aralık 2011 - OHSAS 18001:2007 İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetim Sistemi Temel Eğitimi + İç Denetçi Eğitimi 25 Aralık 2011 - ISO 14001:2004 Çevre Yönetim Sistemi Temel Eğitimi + İç Denetçi Eğitimi 26 Aralık 2011 - Genel Girişimcilik Eğitim Programı (4-5-6 Mayıs 2009) - İletişim ve Beden Dili (7 Mayıs 2009 – 8 saat) - AR-GE Destekleri ve AR-GE Proje Önerisi Hazırlama (15 Mayıs2009–8 saat) - Lojistik ve Tedarik Zinciri Yönetimi Eğitimi - Arge ve Yenilikçilik Eğitimi (6 Kasım 2008 - 8 saat) - İş Geliştirme Eğitimi (7 Kasım 2008 – 8 saat) - Fikri ve Sınai mülkiyet Hakları (18 Aralık 2008 – 8 saat) - Reel Sektörde Risk Yönetimi (22 Ekim 2008 – 8 saat)

Raporlar :

1. Yrd. Doç. Dr. Şükrü DURSUN, Arş. Gör. Fatma KUNT, İmisyon Ölçümü ve Tesis Durum Raporu, Konya Persa Perlit türevleri Sanayi ve Tic. Ltd. Şti., KONYA, 2007
2. Yrd. Doç. Dr. Şükrü DURSUN, Arş. Gör. Fatma KUNT, Çetlik Isı Sanayi'ye ait Katı Atık Yakma Sistemi Yanma ve Verimlilik Raporu, Konya 2008.
3. Yrd. Doç. Dr. Şükrü DURSUN, Arş. Gör. Fatma KUNT, Kozlusan Tarım-Tekerlek-Plastik Isıtma Sistemleri, Katı Yakıt Yakma Sistemi Emisyon ve Verimlilik Raporu, 2009 (8 adet farklı kazan büyüklükleri için İngilizce, Türkçe olarak ayrı ayrı hazırlanmıştır).

ÜYE OLUNAN KURULUŞLAR

- Çevre Mühendisleri Odası
- Hava Kirlenmesi Araştırmaları ve Denetimi Türk Milli Komitesi
- Katı Atık Türk Milli Komitesi