T.C.
ERCİYES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

KAHRAMANMARAŞ İLİ İÇİN HAVA KALİTESİNİN ANALİZİ VE MODELLENMESİ

Hazırlayan
Hatice Kübra KIRMACI

Danışman
Doç. Dr. Filiz DADAŞER ÇELİK

Doktora Tezi

Ocak 2019
KAYSERİ

T.C.
ERCİYES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

KAHRAMANMARAŞ İLİ İÇİN HAVA KALİTESİNİN ANALİZİ VE MODELLENMESİ

Hazırlayan
Hatice Kübra KIRMACI

Danışman
Doç. Dr. Filiz DADAŞER ÇELİK

Doktora Tezi

Ocak 2019
KAYSERİ

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK

Bu çalışmadaki tüm bilgilerin, akademik ve etik kurallara uygun bir şekilde elde edildiğini beyan ederim. Aynı zamanda bu kural ve davranışların gerektirdiği gibi, bu çalışmanın özünde olmayan tüm materyal ve sonuçları tam olarak aktardığımı ve referans gösterdiğimi belirtirim.

Adı-Soyadı: Hatice Kübra KIRMACI

İmza : 

"KAHRAMANMARAŞ İLİ İÇİN HAVA KALİTESİNİN ANALİZİ VE MODELLENMESİ" adlı Doktora tezi, Erciyes Üniversitesi Lisansüstü Tez Önerisi ve Tez Yazma Yönergesi'ne uygun olarak hazırlanmıştır.

Tezi Hazırlayan

Hatice Kübra KIRMACI

Danışman

Doç. Dr. Filiz DADAŞER ÇELİK

Çevre Mühendisliği ABD Başkanı

Prof. Dr. Fatih ALTUN

İmza

Doç. Dr. Filiz DADAŞER ÇELİK danışmanlığında Hatice Kübra KIRMACI tarafından hazırlanan "KAHRAMANMARAŞ İLİ İÇİN HAVA KALİTESİNİN ANALİZİ VE MODELLENMESİ" adlı bu çalışma jürimiz tarafından Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Anabilim Dalında Doktora tezi olarak kabul edilmiştir.

...09.. /Ocak / 2019

JÜRİ:

Danışman : Doç. Dr. Filiz DADAŞER ÇELİK Filiz Dadaşer

Üye : Prof. Dr. Fehiman ÇİNER

Üye : Prof. Dr. Yalçın Şevki YILDIZ

Üye : Prof.Dr. Şerife SAÇMACI

Üye : Doç. Dr. Selma YAŞAR KORKANÇ

ONAY: Bu tezin kabulü Enstitü Yönetim Kurulunun 22/01/2019 tarih ve 2019/05-04..sayılı kararı ile onaylanmıştır.

...22... /Ocak/ 2019

Prof. Dr. Mehmet AKKURT

Enstitü Müdürü

ÖNSÖZ / TEŞEKKÜR

Öncelikle lisans eğitimimden bu yana akademik anlamda bana çok şey katan, bu güne gelmemde büyük emeği olan, bilgi ve desteğini hiçbir zaman esirgemeyen, disiplinli çalışma sistemi ve motive edici tavrıyla her zaman örnek aldığım değerli danışman hocam Doç. Dr. Filiz DADAŞER ÇELİK'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Bu tez çalışmasının yürütülmesi sırasında her aşamada büyük katkı sağlayan, tüm içtenlikleriyle her daim desteklerini hissettiren, bilgi birikimleriyle akademik anlamda ilerlememi sağlayan saygıdeğer hocalarım Prof. Dr. Yalçın Şevki YILDIZ ve Prof. Dr. Şerife SAÇMACI'ya çok teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca yine lisans eğitimimin ilk gününden bu yana yanımda olan, sevgisini ve her konudaki desteğini her zaman hissettiğim, dostum, çok sevgili arkadaşım Sevil DURSUN'a ve eşine her şey için teşekkürlerimi sunarım. Son olarak maddi ve manevi her anlamda beni destekleyen, hayatımın her aşamasında olduğu gibi, bu aşamaya gelmemde de en büyük pay sahibi olan, yol göstericim, sevgi ve güç kaynağım olan babam, annem ve kardeşime her şey için tarifsiz minnet, sonsuz sevgi ve şükranlarımı sunarım.

.

KAHRAMANMARAŞ İLİ İÇİN HAVA KALİTESİNİN ANALİZİ VE MODELLENMESİ

Hatice Kübra KIRMACI

Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü
Doktora Tezi, Ocak, 2019
Danışman: Doç.Dr. Filiz DADAŞER ÇELİK

ÖZET

Hava kirliliği başlıca çevre sorunlarından biridir. İstenmeyen maddelerin belirli bir derişimin üzerinde ve belirli bir süre boyunca havada bulunması şeklinde tanımlanan hava kirliliğini kontrol altına almanın ve önlemenin ilk aşaması mevcut durumun analiz edilmesidir. Bu çalışmada Kahramanmaraş ili için 1990- 2015 dönemine ait hava kalitesi analiz edilmiş ve değerlendirilmiştir. Çalışmanın ilk aşamasında ölçülmüş SO_2 ve PM değerleri kullanılarak hava kalitesindeki değişimler istatistiksel yöntemler kullanılarak analiz edilmiştir. İkinci bölümde trafik, sanayi ve ısınmadan kaynaklı emisyon envanterleri oluşturulmuştur. Avrupa Çevre Ajansı tarafından yayınlanan emisyon faktörlerinin kullanımı ile kirletici emisyonları hesaplanmıştır. Son bölümde ise yapay sinir ağları yöntemi kullanılarak hava kalitesi ve meteorolojik koşullar arasındaki ilişkiler modellenmiştir. Kahramanmaraş ili için 1990-2015 döneminde ortalama SO_2 düzeyi 72 μg/m³ ve ortalama PM düzeyi 80 μg/m³ olarak gerçekleşmiştir. Ekim-Mart dönemini kapsayan ısınma sezonunda (özellikle Kasım, Aralık ve Ocak aylarında) SO_2 ve PM değerlerinde yıl içindeki diğer dönemlere göre belirgin bir artış olduğu tespit edilmiştir. Emisyon envanteri sonuçlarına göre Kahramanmaraş il merkezinde 2015 yılında ısınma amaçlı kullanılan yakıtlardan 4062 ton SO_2, 1092 ton PM, 1115 ton NO_x ve 11964 ton CO emisyonu oluşmuştur. Trafik kaynaklı ise 260 ton PM, 570 ton SO_2, 1405 ton CO ve 1509 ton NO_x salınımı gerçekleşmiştir. Sanayi kaynaklı PM emisyonu 731 ton, SO_2 emisyonu 7023 ton, NO_x emisyonu 3161 ton ve CO emisyonu 153 tondur. Yapay sinir ağları yöntemi ile kirletici düzeyleri ve meteorolojik faktörler arasındaki ilişkiler belirlenmiş ve hava sıcaklığının kirletici düzeylerini belirleyen en önemli değişken olduğu tespit edilmiştir. Kahramanmaraş ili için hava kirliliği hala önemini koruyan ve ciddi tedbirler alınmasını gerektiren bir çevre sorunudur.

Anahtar Kelimeler: Hava Kalitesi, Hava Kirliliği, SO_2, PM, Eğilim Analizi, Emisyon Envanteri, Modelleme, Kahramanmaraş

ANAYSIS AND MODELLING OF AIR QUALITY IN KAHRAMANMARAŞ

Hatice Kübra KIRMACI

ErciyesUniversity, Graduate School of Natural and Applied Sciences
PhD Thesis, December, 2019
Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Filiz DADAŞER ÇELİK

ABSTRACT

Air pollution is a very important and major environmental problem. Air pollution occurs when harmful or excessive quantities of matters are introduced into the Earth's atmosphere. To control air pollution, it is important to determine the extent and causes of air pollution. In this study, we analysed and evaluated the air quality in the city of Kahramanmaraş from 1990 to 2015. The relationships between SO_2 and PM levels and meteorolojical factors were investigated. First, we used various statistical analysis methods to analyse measured SO_2 and PM values. Second, we developed an inventory of the emissions from domestic heating, traffic, industry. In this calculation, we used the emission factors developed by European Environmental Agency. Finally, we examined the relationships between air pollutants and meteorological conditions using artificial netural networks. The results showed that average SO_2 level was 72 μg/m³ and average PM level was 80 μg/m³. In winter season, air pollution levels became considerably higher (specially in November, December and January). Emission inventory results show that in Kahramanmaraş in 2015, annual emission from domestic heating were 4062 ton SO_2, 1092 ton PM, 1115 ton NOx,11964 ton CO. From industrial sources, the emissions were 731 ton PM, 7023 ton SO_2, 3161 ton NO_x, 153 ton CO. 260 ton PM, 570 ton SO_2, 1405 ton CO, 1509 ton NO_x were generated by traffic. The relationships between air pollutant levels and meteorological factors were investigated with using artificial neural network method and the results showed that air temperature is the most important meterological factor determining air quality levels. Air pollution is still a very important environmental problem for Kahramanmaraş city and its necessary to take serious precautions for improving air quality.

Keywords: Air Quality, Air Pollution, SO_2, PM, Trend Analysis, Emission Inventory, Modelling, Kahramanmaraş

İÇİNDEKİLER

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK i
YÖNERGEYE UYGUNLUK ii
KABUL ONAY iii
ÖNSÖZ/TEŞEKKÜR iv
ÖZET v
ABSTRACT vi
ŞEKİLLER LİSTESİ x
TABLOLAR LİSTESİ xi
GİRİŞ 1

1. BÖLÜM

GENEL BİLGİLER VE LİTERATÜR ÇALIŞMASI

1.1. Hava Kirliliği Hakkında Genel Bilgiler 4
1.1.1. Hava Kirliliği Nedir? 4
1.1.2. Kirleticilerin Sınıflandırılması ve Bazı Önemli Hava Kirleticiler 6
1.1.3. Hava Kirliliğini Etkileyen Faktörler 12
1.2. Yapay Sinir Ağları ile Modelleme Hakkında Genel Bilgiler 16
1.2.1. Yapay Sinir Ağlarının Genel Özellikleri 16
1.2.2. Yapay Sinir Ağlarının Sınıflandırılması 18
1.2.3. Yapay Sinir Ağları Kullanım Alanları 21
1.2. Literatür Özeti 23
1.2.1. Hava Kalitesi ve İzlenmesi KonusundaLiteratür Özeti 23
1.2.2. Hava Kirliliğinde Yapay Sinir Ağları Modellemesi Konusunda Literatür Özeti 31
1.2.3. Değerlendirme ve Literatürdeki Boşluk 35

2. BÖLÜM

GEREÇ VE YÖNTEM

2.1.Çalışma Alanının Tanıtımı 36
2.2. Gereç ve Yöntem 38
2.2.1. İstatistiksel Analizler 38
2.2.2. Emisyon Envanterinin Oluşturulması 40
2.2.3. Yapay Sinir Ağları ile Modelleme 40

3. BÖLÜM
HAVA KALİTESİ DEĞERLERİNİN İSTATİSTİKSEL ANALİZİ

3.1. Giriş 41
3.2. Gereç ve Yöntem 41
3.3. Bulgular 44
3.3.1. Sınır Değerlerle Karşılaştırma 48
3.3.2. 1990-2015 Döneminde SO_2 ve PM Düzeylerinde Görülen Eğilimler 50
3.3.3. SO_2ve PM Düzeyleri ve Meteorolojik Faktörler Arasındaki İlişkiler 51
3.3.4. SO_2 ve PM Düzeyleri ve Doğalgaz Kullanımı Arasındaki İlişkiler 53
3.4. Sonuç 53

4. BÖLÜM
EMİSYON ENVANTERİ

4.1. Giriş 56
4.2. Gereç ve Yöntem 57
4.2.1.Isınma Kaynaklı Emisyon Envanteri 57
4.2.2. Sanayi Kaynaklı Emisyon Envanteri 59
4.2.3. Trafik Kaynaklı Emisyon Envanteri 60
4.3. Bulgular 62
4.3.1.Isınma Kaynaklı Emisyon Envanteri İçin Bulgular 62
4.3.2.Sanayi Kaynaklı Emisyon Envanteri İçin Bulgular 63
4.3.3. Trafik Kaynaklı Emisyon Envanteri İçin Bulgular 64
4.4. Toplam Emisyonlar 67
4.5. Sonuç 70

5. BÖLÜM
YAPAY SİNİR AĞLARI METODU İLE HAVA KALİTESİ MODELLEMESİ

5.1. Giriş 72
5.2. Gereç ve Yöntem 72
5.3. Bulgular 75
5.3.1. SO_2 Parametresi için En İyi YSA Mimarisinin Belirlenmesi 75
5.3.1. PM Parametresi için En İyi YSA Mimarisinin Belirlenmesi 81
5.4. Sonuç 88

6. BÖLÜM

SONUÇLAR VE TARTIŞMA

KAYNAKLAR 95

ÖZGEÇMİŞ 107

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1. Yapay sinir ağlarının genel yapısı 17
Şekil 1.2. Yapay sinir ağlarının genel yapısı 17
Şekil 1.3. İki girdi ve bir çıktıdan oluşan en basit TKA modeli 19
Şekil 1.4. Çok katmanlı algılayıcı modeli 21
Şekil 2.1. Kahramanmaraş il haritası 36
Şekil 2.2. Merkez hava kalitesi izleme istasyonu 39
Şekil 2.3. Kahramanmaraş ili kent merkezinde yer alan hava kalitesi ölçüm istasyonunun yeri 40
Şekil 3.1. 1990-2015 dönemi için yıllık ortalama ve ısınma sezonu ortalama SO_2 değerleri 45
Şekil 3.2. 1990-2015 dönemi için yıllık ortalama ve ısınma sezonu ortalama PM değerleri 45
Şekil 3.3. 1990-2015 dönemi için aylık ortalama SO_2 değerleri 47
Şekil 3.4. 1990-2015 dönemi için aylık ortalama PM değerleri 48
Şekil 3.5. 1990-2015 dönemi için aylık ortalama SO_2 ve PM değerleri ve meteorolojik parametreler arasındaki ilişkiler 52
Şekil 3.6. 1990-2015 dönemi için yıllık doğalgaz kullanım miktarları ve toplam kullanıcı sayıları 53
Şekil 4.1. Yıllara göre doğalgaz tüketim miktarları 59
Şekil 4.2. Yakıt türlerinin farklı kirleticiler için oluşturdukları emisyonlar 63
Şekil 4.3. Yakıt türüne bağlı oluşan emisyon dağılımları 64
Şekil 4.4. Trafik kaynaklı oluşan emisyon dağılımları 67
Şekil 4.5. Toplam oluşan emisyonların kaynağa göre dağılımları 69

TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 1.1 Normal kuru havanın bileşimi 5

Tablo 2.1. Yıllara göre Kahramanmaraş ili nüfus bilgileri 37

Tablo 3.1. 1990-2015 dönemi için aylık, ısınma sezonu ortalama ve yıllık ortalama SO_2 ve PM değerlerinin istatistiksel özellikleri (Ort: ortalama, SS: standart sapma, Maks: maksimum, Min: minimum)..... 46

Tablo 3.2. Kahramanmaraş ili'nde 1990-2015 yılları arasındaki SO2 ve PM değerlerinde gözlenen eğilimler (*0.001 düzeyinde anlamlı, **0.01 düzeyinde anlamlı)..... 50

Tablo 4.1. Çalışmada kullanılan emisyon faktörleri 58

Tablo 4.2. Sanayide kullanılan yakıt tüketim bilgileri 60

Tablo 4.3. Çalışmada kullanılan emisyon faktörleri 60

Tablo 4.4. Çalışmada kullanılan emisyonfaktörleri 61

Tablo 4.5. Kayıtlı araç sayıları-2015 yılı 61

Tablo 4.6. Isınma kaynaklı oluşan emisyon miktarları 62

Tablo 4.7. Sanayi kaynaklı oluşan emisyonlar..... 64

Tablo 4.8. Araç türüne göre oluşan emisyon miktarlarının hesaplanması 65

Tablo 4.9. Araç türüne göre oluşan emisyonlar 66

Tablo 4.10. Toplam oluşan emisyonlar..... 68

Tablo 5.1. SO_2 için hiperbolik tanjant aktivasyon fonksiyonu*hiperbolik tanjant aktivasyon fonksiyonu ve ölçekli eşlenik gradyan algoritması ile elde edilen değerler..... 76

Tablo 5.2 SO_2 için hiperbolik tanjant aktivasyon fonksiyonu*S-şekilli aktivasyon fonksiyonu* ölçekli eşlenik gradyan algoritması ile elde edilen değerler..... 76

Tablo 5.3. SO_2 için S-şekilli aktivasyon fonksiyonu* hiperbolik tanjant aktivasyon fonksiyonu* ölçekli eşlenik gradyan algoritması ile elde edilen değerler..... 77

Tablo 5.4 SO_2 için S-şekilli aktivasyon fonksiyonu* S-şekilli aktivasyon fonksiyonu* ölçekli eşlenik gradyan algoritması ile elde edilen değerler 77

Tablo 5.5. SO_2 için hiperbolik tanjant aktivasyon fonksiyonu*hiperbolik tanjant aktivasyon fonksiyonu*gradyan azalma algoritması ile elde edilen değerler..... 78

Tablo 5.6. SO_2 için hiperbolik tanjant aktivasyon fonksiyonu* S-şekilli aktivasyon fonksiyonu* gradyan azalma algoritması ile elde edilen değerler 79

Tablo 5.7. SO_2 için S-şekilli aktivasyon fonksiyonu* hiperbolik tanjant aktivasyon fonksiyonu* gradyan azalma algoritması ile elde edilen değerler 79

Tablo 5.8. SO_2 için S-şekilli aktivasyon fonksiyonu* S-şekilli aktivasyon fonksiyonu* gradyan azalma algoritması ile elde edilen değerler 80

Tablo 5.9. SO_2 için YSA ile elde edilen en iyi sonuçlar 80

Tablo 5.10. PM için hiperbolik tanjant aktivasyon fonksiyonu* hiperbolik tanjant aktivasyon fonksiyonu ve ölçekli eşlenik gradyan algoritması ile elde edilen değerler 82

Tablo 5.11. PM için hiperbolik tanjant aktivasyon fonksiyonu*S-şekilli aktivasyon fonksiyonu* ölçekli eşlenik gradyan algoritması ile elde edilen değerler 83

Tablo 5.12. PM için S-şekilli aktivasyon fonksiyonu* hiperbolik tanjant aktivasyon fonksiyonu* ölçekli eşlenik gradyan algoritması ile elde edilen değerler 83

Tablo 5.13. PM için S-şekilli aktivasyon fonksiyonu* S-şekilli aktivasyon fonksiyonu* ölçekli eşlenik gradyan algoritması ile elde edilen değerler 84

Tablo 5.14. PM için hiperbolik tanjant aktivasyon fonksiyonu*hiperbolik tanjant aktivasyon fonksiyonu*gradyan azalma algoritması ile elde edilen değerler 85

Tablo 5.15. PM için hiperbolik tanjant aktivasyon fonksiyonu* S-şekilli aktivasyon fonksiyonu* gradyan azalma algoritması ile elde edilen değerler 85

Tablo 5.16. PM için S-şekilli aktivasyon fonksiyonu* hiperbolik tanjant aktivasyon fonksiyonu* gradyan azalma algoritması ile elde edilen değerler 86

Tablo 5.17. PM için S-şekilli aktivasyon fonksiyonu* S-şekilli aktivasyon fonksiyonu* gradyan azalma algoritması ile elde edilen değerler 86

GİRİŞ

Bu tez çalışmasının temel konusu Kahramanmaraş ilinde hava kirliliği düzeylerinin analiz edilmesi ve değerlendirilmesidir. Kahramanmaraş şehir merkezinin mevcut hava kalitesi ortaya çıkarılarak tespitlerde bulunmak ve hava kalitesini artırmaya yönelik çözüm önerilerine katkı sağlamak amaçlanmıştır.

Hava kirliliği, Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı (EPA) tarafından "kirletici maddelerin insan sağlığına ve refahına zarar verecek veya başka çevresel etkiler oluşturacak şekilde havada bulunması" olarak tanımlanmaktadır (EMEP/EEA, 2009). Bu maddeler fiziksel ve maddi hasarlara yol açmaları bakımından önem arz etmektedir. Dünya Sağlık Örgütü (WHO) yılda üç milyondan fazla beklenmeyen ve önlenebilir ölüme sebep olarak hava kirliliğini sebep göstermektedir. (İskender vd., 2016). Çeşitli etkenlere bağlı olarak Dünyada hava kirletici emisyonlarında 2030 yılına kadar beş katlık bir artış beklenmektedir (İskender vd., 2016). Ekonomik Kalkınma ve İşbirliği Örgütü (OECD) ise 2012 yılı raporunda hava kalitesinde iyileştirme yaşanmaması durumunda 2050'li yıllarda tüm dünyada 3.6 milyon insanın erken ölümle karşılaşabileceğini belirtmektedir (İncecik ve İm, 2013). Yetişkin bir insanın günde 15 kg. havaya ihtiyaç duyduğu ve açlığa 60 gün, susuzluğa 6 gün dayanabilen insanın havasızlığa 6 dakika bile dayanamaması havanın yaşamsal önemini vurgulamaktadır (Uçar, 1996).

Türkiye'de de kentsel yerleşim bölgelerinde en önemli çevre sorunlarından biri olarak hava kirliliği karşımıza çıkmadır. Hava kirliliğini kontrol altına almak ve önlem almanın ilk aşaması mevcut hava kalitesini belirlemektir (Çetintürk ve Gürtepe, 2014). Kentsel hava kirliliği, havadaki ozon (O_3), karbon monoksit (CO), kükürtdioksit (SO_2), azot oksit (NO) ve partikül maddelerin (PM) miktarlarına göre belirlenmektedir (Robert ve Lambach, 2010). Kentlerde hava kalitesini izleme ve yönetme aşaması, olası hava

kalitesi problemleriyle mücadele etmenin en önemli basamağınıoluşturmaktadır (Tuna vd., 2015). Kentsel ölçekte etkili bir hava kalitesi yönetim planı oluşturmak için kaynaklar bazında oluşturulan bir emisyon envanteri ile hava kalitesi modelleme çalışmalarının birbirine entegre edilmesi oldukça etkili bir yöntemdir. Böylece bölgede yer alan kirletici kaynakların tekil olarak bölge hava kalitesine katkılarının belirlenmesi mümkün olmaktadır (Tuna vd., 2015).

Bu tez çalışması için uygulama alanı olarak Kahramanmaraş ili seçilmiştir. Uzun yıllardır hava kirliliği açısından ülkemizde üst sıralarda yer aldığı bilinen Kahramanmaraş için hava kirliliği hala birincil çevre sorunu olarak karşımıza çıkmaktadır (ÇŞB, 2014, 2015, 2016). Özellikle kış aylarında hava kirletici derişimlerinin çoğunlukla sınır değerlere yakın olduğu veya sınır değerleri aştığı bilinmektedir. Kahramanmaraş için hava kalitesini belirleme ve iyileştirmeye yönelik detaylı bir çalışmanın bulunmaması çalışmanın gerekliliğini ortaya koymaktadır. Bu tez çalışması kapsamında, hava kalitesini değerlendirmeye yönelik olarak istatistiksel veri analizleri, emisyon envanteri oluşturma çalışmaları ve yapay sinir ağları ile hava kalitesi modelleme çalışmaları birlikte gerçekleştirilmiştir.

Bu tez çalışması altı temel bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümde hava kirliliği ve hava kirliliğinin modellemesi ilgili temel bilgiler verilmektedir. Ayrıca bu bölümde çalışmanın konusu ile ilgili literatür bilgisi sunulmaktadır. Çalışmanın ikinci bölümünde bu çalışmada izlenen yöntemler kısaca açıklanmaktadır. Üçüncü, dördüncü ve beşinci bölümde bulgular özetlenmekte ve son bölüm olan altıncı bölümde çalışma sonuçları sunularak gelecekte yapılacak çalışmalar için önerilerde bulunulmaktadır.

1. BÖLÜM

GENEL BİLGİLER VE LİTERATÜR ÇALIŞMASI

1.1. Hava Kirliliği Hakkında Genel Bilgiler

1.1.1. Hava Kirliliği Nedir?

Atmosfer, yer küresinin etrafını saran gaz kütle olarak tanımlanmaktadır. Atmosfer içinde bulunan oksijen hayatın gelişmesini temin ettiği gibi, meydana getirdiği diğer uygun şartlarla da hayatın sürekliliğini sağlar. Bunun yanı sıra atmosfer güneşten dünyaya gelen enerjinin tekrar uzaya süratle dönmesini önleme görevini de yerine getirmektedir. Yer kürenin etrafında adeta düzenleyen ve koruyan bir örtü şeklindedir.

Atmosferde bulunan gazlar üç gurupta incelenmektedir (RSHM, 2010). Bunlar;

a. Havada devamlı bulunan ve miktarları değişmeyen gazlar (Azot, Oksijen, Asal gazlar)

b. Havada devamlı bulunan ve miktarları azalıp çoğalan gazlar (CO_2, Su buharı, O_3)

c. Havada her zaman bulunmayan gazlar (Kirleticiler)

Kirletici, su buharı hariç olmak üzere havanın doğal bileşiminde (Tablo 1.1) yer almayan her cins madde şeklinde tanımlanmaktadır.

Hava kirliliği, canlıların sağlığını olumsuz yönde etkileyen ve/veya maddi zararlar meydana getiren havadaki yabancı maddelerin, normalin üzerindeki miktar ve yoğunluğa ulaşması olarak tanımlanmaktadır. Diğer bir deyişle hava kirliliği, havada katı, sıvı ve gaz şeklindeki yabancı maddelerin insan sağlığına, canlı hayatına ve ekolojik dengeye zarar verecek miktar, yoğunluk ve sürede atmosferde

bulunmasıdır (EMEP/EEA, 2009). Hava kirliliği insan sağlığı ve çevre kalitesi açısından önemli problemler yaratmakta ve hatta bazı durumlarda ölümlere bile neden olabilmektedir. Bu nedenle hava kirliliği gelişmiş ve gelişmekte olan tüm ülkeleri etkileyen önemli bir sorundur.

Hava kirliliğini meydana getiren kirleticiler gaz veya 1 mikrondan daha büyük katı veya sıvı madde zerrecikleri olabilmektedir. Hava kirlenmesinin izlenmesinde özellikle kentsel kirleticiler olarak bilinen ve fosil yakıtlar ile motorlu taşıt araçlarından kaynaklanan SO_2, PM, CO, hidrokarbonlar ve kurşun gibi kirleticilerin değerlendirilmesi söz konusudur.

Tablo 1.1 Normal kuru havanın bileşimi (Müezzioğlu,1987)

Bileşen	**Hacimsel (%)**	**Derişim(ppm)**
Azot (N_2)	78.084	780900
Oksijen (O_2)	20.946	209400
Argon (Ar)	0.934	9300
Karbondioksit (CO_2)	0.033	315
Neon (Ne)	0.018	18
Helyum (He)	0.00052	5.2
Metan (CH_4)	0.00012	1.0–1.2
Kripton (Kr)	0.00005	1.0
Hidrojen (H_2)	0.00005	0.5
Ksenon (X)	0.000008	0.08
Azotdioksit (NO_2)	0.000002	0.02
Ozon (O_3)	0.000001–0.000004	0.01–0.04

Kentlerde hava kirliliğine neden olan faktörler; kirleticilerin varlığı (yakıt kalitesi, endüstriyel gelişmişlik, nüfus, nüfus yoğunluğu vb.) topoğrafya ve coğrafik koşullar ile meteorolojik şartlar (inversiyon, karışma yüksekliği, sıcaklık, rüzgâr, nem, vb.) şeklinde tanımlanmaktadır (Irmak, 2005). Tek tek veya toplu haldeki hava kirletici kaynaklarının yaydığı kirleticilerin çeşitli meteorolojik koşullarda ne şekilde dağıldığı ve nasıl bir hava kalitesine neden olduğunun bilinmesi gerekmektedir (Uçar, 1996). Dünya genelinde hava kirliliği ile ilgili çalışmaların

1200'lü yıllardan itibaren devam ettiği bilinmektedir. Hava kirliliğinin zaman içinde artmasının çeşitli nedenleri vardır. Hızlı kentleşme, sanayileşme, motorlu araç sayısının artması, meteorolojik koşullar, ısınmada kullanılan yakıtlar, endüstriyel kuruluşlar ve termik santrallerin yaygınlaşması bunlardan bazılarıdır. Kentlerde ise hava kirliliği büyük ölçüde ısınmadan kaynaklanmaktadır (Başar vd., 2005).

1.1.2. Kirleticilerin Sınıflandırılması ve Bazı Önemli Hava Kirleticiler

Hava kirleticilerini çeşitli şekillerde, örneğin kaynaktan çıkışlarına, kaynaklarına ve kimyasal yapılarına göre sınıflandırmak mümkündür (RSHM, 2010):

Kaynaktan çıkışlarına göre kirleticilerprimer kirleticiler ve sekonder kirleticiler olmak üzere iki gruba ayrılır. Primer kirleticiler kaynaktan doğrudan doğruya çıkan bileşiklerdir. SO_2, Hidrojen Sülfür (H_2S), Azot Monoksit (NO), Azot Dioksit (NO_2), CO, CO_2, Hidrojen Florür (HF), PM, vb. primer kirleticiler grubundadır. Sekonder kirleticiler ise atmosferde sonradan oluşan kirletici bileşiklerdir. Kükürt Trioksit (SO_3), Sülfürik Asit (H_2SO_4), Aldehitler, Ketonlar, Asitler, Endüstriyel Duman, vb. ise sekonder kirleticilerdir.

Kaynaklarına göre hava kirleticiler ise doğal kaynaklar ve yapay kaynaklar olarak iki gruba ayrılır. Doğal kaynaklardan oluşan kirleticiler, doğadaki çürüme olayları sonucu çıkan metan (CH_4) ve kükürtlü bileşikler (H_2S), yanardağ faaliyetleri veya orman yangınları sonucu türeyen hidrokarbon ve diğer mineral PM ve gazlar, deniz yosunlarının ortama verdiği gazlar, yanardağ veya orman yangınlarından atmosfere yayılan zararlı bileşikler, doğadaki biyolojik değişimler sırasında açığa çıkan karbon oksitler, metan, vb. şeklindedir. Yapay kaynaklardan oluşan kirleticiler ise fosil kaynaklı yakıtların (odun, kömür, benzin, fuel-oil gibi) yanması sonucunda ortaya çıkanSO_2, PM, NO/NO_2, karbon oksitleri, kurşun, hidrokarbonlar, vb.'dir. İnsan faaliyetleri sonucunda oluşan yapay kirlilik kaynakları iki şekilde sınıflandırılır.

I. Sabit Kaynaklar, bunlar ısınma ve üretim amaçlı faaliyetlerin yapıldığı yerlerdir.

II. Hareketli Kaynaklar, ise taşımacılık amacı ile kullanılan araçlardır.

Diğer bir kirletici kaynağı sınıflandırması ise alansal, çizgisel ve noktasal kaynaklar şeklinde yapılabilir (Karpuzcu, 2007). Alansal kaynaklarda kirleticiler iki boyutlu

kaynaklardan atmosfere yayılırken, çizgisel kaynaklarda tek boyutlu kaynaklardan yayılır, noktasal kaynaklarda ise kirletici tek bir yerden yayılır. Isınma kaynaklı hava kirliliği kaynakları alansal kaynaklara, trafik kaynaklı hava kirliliği kaynakları çizgisel kaynaklara ve sanayi kaynaklı kirlilik kaynakları ise noktasal kaynaklara örnektir.

Kimyasal yapılarına göre kirleticiler ise organik gazlar, inorganik gazlar ve partiküller olarak incelenebilmektedir. İnorganik gazlar azot oksitler, karbon oksitler, kükürt oksitler, diğer anorganiklerdir (florür, klorür, amonyak, vb.). Organik gazlar hidrokarbonlar ise aldehitler, ketonlar ve diğer organikler (Benzen, Benzo-pyrene). Partiküller katı partiküller (toz, duman, kül, karbon, kurşun, asbest), sıvı partiküller (sis, duman, yağ ve asitler) olarak örneklendirilebilmektedir.

Bazı önemlihava kirleticiler hakkında aşağıda bilgi verilmiştir.

1.1.2.1. Karbon monoksit (CO)

Karbonmonoksit renksiz, kokusuz, ve tatsız bir gaz olup karbon içeren yakıtların eksik yanması ile ortaya çıkar. Birincil hava kirleticilerden olan karbonmonoksit, oksijen eksikliği, tutuşma sıcaklığı, yüksek sıcaklıkta gazın kalıcılık zamanı ve yanma odası türbülansı gibi etkenlerden birinin eksikliğinde tam olmayan bir yanma sonucunda CO_2 yerine meydana gelmektedir. Taşıt araçları, endüstriyel işlemler, ısıtma sistemleri ve insineratörler en önemli karbon monoksit kaynaklarıdır. Doğal oluşum kaynakları ise biyolojik aktivitelerdir. Ancak doğal kaynaklardan oluşan karbon monoksit ihmal edilebilir düzeydedir. Karbon monoksitin doğal seviyesi 0.001-0.20 ppm'dir. Kentsel alanlarda yapılan ölçümlerde 8 saatlik ortalama maksimum derişim 53 ppm olarak belirlenmiştir (RSHM, 2010).

1.1.2.2. Karbondioksit (CO_2)

Karbondioksit (CO_2) atmosferde çok düşük derişimdebulunan bir gazdır. Bir milyon hava molekülünde yaklaşık 350 karbon dioksit molekülü bulunur. Atmosfere karışan karbondioksitin yaklaşık %80–85'i fosil yakıtların (petrol ve türevleri, kömürlerin ve doğal gazın) kullanılması sonucunda oluşarak atmosfere karışmakta, %15-20'si de canlıların solunumundan ve mikroskobik canlıların

organik maddeleri ayrıştırmasından kaynaklanmaktadır. Atmosferde daha önceden 280 ppm olarak tespit edilen karbon dioksit miktarı, fosil kökenli yakıtların kullanımının artması ile bugün 350 ppm'e kadar yükselmiştir (RSHM,2010) .

1.1.2.3.Kükürtdioksit (SO_2)

Gaz halindeki kirleticiler arasında yanıcı olmayan renksiz bir gaz olan kükürt oksitler en çok bilinen birincil hava kirleticilerdendir. Kömür ve petrolün yanma ürünleri arasında en tehlikeli gazlardan birisidir. Atmosferde kalıcılık suresi 40 günü bulmaktadır. Çoğunlukla fosil yakıtların yanması sonucunda meydana gelir. Kükürt oksitlerin %80'inden fazlasının endüstriyel kaynaklardan meydana geldiği tahmin edilmektedir Kükürtdioksit, havadaki su ile birleşerek sülfüroz asit ve daha sonra sülfürik asit oluşturur. Bu bileşiklerin yağmur damlaları ile yeryüzüne dönmesi sonucu, açık yapı ve eserlerde korozyona neden olarak ülke ekonomisine zarar verdiği, sera etkisi göstererek yerküre sıcaklığının artmasına neden olduğu bilinmektedir. Kükürt dioksitin havadaki varlığının en önemli sebebi, insan aktivitelerinin oluşturduğu yapay kaynaklardır. Bunun yanı sıra orman yangınları, volkan patlamaları gibi doğal kaynaklardan da az miktarda kükürt dioksit havaya verilmektedir (RSHM, 2010) .

1.1.2.4. Metan (CH_4)

CH4 genellikle insan aktivitelerinden kaynaklanan önemli gazlardan biridir. Bu gaz, organik artıkların oksijensiz ortamda ayrışması (anaerobik ayrışma) sonucunda meydana gelmektedir. CH_4 derişimi azaltıcı başlıca etken, bu gazın troposferdeki radikalleri ile reaksiyonları olup, CH_4 bu reaksiyonlar sonucunda CO_2 ve H_2O'ya dönüşür. Atmosfere yayılan toplam hidrokarbon kirliliğinin yarıdan fazlasını metan oluşturmaktadır. Kentsel alanlarda bir saatlik ortalama maksimum derişim8-10 ppm olarak ölçülmüştür. Metan doğal olarak, biyolojik (özellikle bitkisel) aktiviteler sonucunda atmosfere yayılmaktadır. Doğal faaliyetler sonucunda oluşan metan gazının doğal seviyesinin 0.7-1.5 ppm olduğu belirlenmiştir (RSHM, 2010).

1.1.2.5. Azot Oksitler (NO_X)

Atmosferde bulunan önemli azot oksit bileşikleri; NO, NO_2 ve Diazot Oksit (N_2O) dir. Gerek atmosferdeki derişimi, gerekse özelliği nedeni ile insan sağlığına en fazla

olumsuz etki gösteren azot bileşiği azot dioksittir. Atmosfere yayılımı; taşıt ekzosları, insineratörler, kimyasal işlemler, ısınma amacı ile kullanılan bazı fosil kökenli yakıtların yanması, elektrik üretimi gibi emisyon kaynaklarından olmaktadır. Belirtilen aktiviteler sonucunda dış ortama verilen azot monoksit, atmosferde azot dioksite oksitlenir. Bu oksidasyon, ozon gibi atmosferik oksitleyicilerin katalizörlüğü ile hızlanır. Yapılan çeşitli araştırmalar sonucunda, azot dioksit derişimineilişkin olarak belirlenen değerler; doğal seviyesinin 0.4-9.4 $\mu g/m^3$ limitleri arasında olduğu, kentsel alanlarda yıllık ortalama derişimlimitleri 20-90 $\mu g/m^3$ (0.01-0.05 ppm) olarak tespit edilmiştir (RSHM, 2010).

1.1.2.6. Kloroflorokarbon Gazları (CFC-H)

Başlıca kloroflorokarbonlar CFC-11 ve CFC-12'dir. Bunlar için doğal kaynak yoktur, doğada kendiliğinden oluşmazlar. Troposferde CFC'lerin derişimlerini azaltıcı herhangi bir etken yoktur. Atmosferik ömürleri CFC-11 için 65 yıl, CFC-12 için 130 yıl civarında olduğu tahmin edilmektedir. Spreylerdeki püskürtücü gazlar, soğutucu aletlerde kullanılan gazlar, bilgisayar temizleyiciler, bu gazların başlıcayapay kaynaklarıdır. Küresel iklim değişimindeki payları %22 oranındadır (RSHM, 2010) .

1.1.2.7. Hidrokarbonlar

Hidrokarbonlar, kömür, petrol, doğal gaz ve benzinin yanmasından, ayrıca da endüstriyel solventlerden meydana gelmektedir. Bu antropojenikemisyonlara dünya genelinde 100 milyon ton olarak değer biçilmektedir ve bu emisyonların doğal kaynakların sadece yirmide birini oluşturduğu tahmin edilmektedir. Dünya genelinde sadece bataklıklardan çıkan hidrokarbon emisyonları yılda yaklaşık 2 milyar tona ulaşmaktadır (Irmak, 2005). Ayrıca, doymamış hidrokarbonlar ve aromatiklerinfotokimyasal sisolayının meydana gelmesinde büyük önemi vardır. Hidrokarbonların atmosferde kalıcılık suresi tam olarak bilinmemektedir. Hidrokarbonlar zehirli değildir, ancak zararlı etkileri vardır. Hidrokarbonların kendi toksiditelerinden daha fazla, ortamdaki diğer kirleticilerle yaptıkları reaksiyonlar sonucunda oluşan ozon, peroksiasetil nitrat (PAN), gibi fotokimyasal oksitleyicilerin çevrede önemli rol oynamaları sebebi ile hidrokarbonlar "zararlı etken" olarak kabul edilmektedirler (RSHM, 2010) .

1.1.2.8. Polinükleer Aromatik Hidrokarbonlar (PAH)

Polinükleeraromatik hidrokarbonlar iki veya daha fazla benzen halkası içeren organik bileşiklerdir. Düşük buhar basıncına sahip olan polinükleeraromatik hidrokarbonlar havada partiküler madde üzerinde adsorblanır. Özellikle karbonizasyon gibi doğal proseslerin yanı sıra, organik maddelerin yanması ile de meydana gelir. Havadaki doğal seviyesi sıfırdır. Avrupanın bazı kentsel alanlarında yapılan ölçümlerde, derişim 1-5 ng/m^3 değerleri arasında tespit edilmiştir (RSHM, 2010).

1.1.2.9. Toz Emisyonlar (Partikül Maddeler)

Partiküller, hava kirleticiler içerisinde önemli bir yere sahiptir. Partikülermadde tanım olarak, atmosferde standart şartlarda katı ya da sıvı olarak bulunan birleşmemiş su dışındaki maddelere denilir (Irmak, 2005). Bunlar 0,1 ile 100 μ arasında değişen boylarda bulunurlar.

Yapısının karmaşıklığı ve maruziyet tayinindeki partikül boyutunun önemi gibi bazı nedenlere bağlı olarak, partiküler maddenin tanımlanması bir kaç şekilde yapılmaktadır. Bu tanımlamalar; örnekleme yöntemine göre (asılı partiküler madde, toplam asılı partiküler madde, siyah duman), solunum sistemindeki birikime göre (larenks altında biriken partiküller), gerek fizyolojik gerekse örnekleme yöntemine göre (10 μm aerodinamik çaplı komponentler için PM_{10}) şeklinde yapılmaktadır. Kütle ve bileşimi yönünden; aerodinamik çapı 2.5 μm'den büyük kaba partiküller, aerodinamik çapı 2.5 μm'den küçük ince partiküller olarak iki gruba ayrılır. Küçük partiküller; ikincil olarak oluşan aerosolleri (gaz-partikül dönüşümü), yanma sonucunda oluşan partikülleri, yoğunlaşan organik ve metal buharlarını içerir. Büyük partiküller, genelde yer kabuğu materyalleri yol ve endüstrilerden oluşan kaçak tozları içerir (RSHM, 2010) .

1.1.2.10. Ozon (O_3)

Atmosferdeki ozonun yaklaşık %10'u atmosferin alt katlarında troposferde bulunur. 1 m^3 havada 8 mm^3 kadar ozon bulunur. Yeryüzüne yakın atmosfer tabakalarındaki ozonun baslıca kaynağı, azot oksitlerin ultraviyole ısınları ile reaksiyona girmesidir. Fotokimyasal sisinen önemli bileşeni olduğu için, bu seviyede başlıca hava

kirleticilerinden biridir. Buna karşılık yaklaşık %90'nın bulunduğu stratosferdeki ozon, troposferdekinin aksine canlı yaşamında önemli rol oynar. Atmosferin üst katlarında ultraviyole ısınlarını emerek yeryüzündeki yasam üzerinde olumlu bir etki yapar (RSHM, 2010).

1.1.2.11. Su Buharı

Hava içindeki miktarı yer ve zamana göre en fazla değişen gaz su buharıdır. Nemli tropikal iklimlerde hava içinde % 2–3 kadar su buharı bulunabilir. Atmosferde yükseldikçe su buharı miktarı hızla azalır. 6500 metrede yeryüzündeki miktarın ancak 1/10'u bulunur. Buna göre su buharının çoğu atmosferin alt 3–4 kilometrelik bölümünde toplanmıştır. Havadaki su buharının yasam ve iklimler üzerinde çok önemli etkileri vardır (Irmak, 2005).

1.1.2.12. Asit Aerosolleri

SO_3 ile suyun reaksiyonu sonucunda oluşan sülfürik asit (H_2SO_4) kuvvetli bir asit olup, nem çekicidir. Amonyum bisülfat (HN_4HSO_4), sülfürik asitten daha az asidik olup, saf olarak katı kristaller halinde bulunur. Asitler genelde havada aerosoller halinde bulunurlar. Bu aerosoller kar, yağmur, dolu gibi yağışlarla yeryüzünde birikirler. Kirletici emisyonun fazla olmadığı şartlardaki yağışın; havada bulunan karbon dioksit ile reaksiyonu sonucunda oluşan karbonik asit nedeni ile hafif asidik olması doğaldır. Ancak yapay kaynaklardan atmosfere verilen kükürt emisyonunun yanı sıra, azot dioksit emisyonu ve atmosferik şartların etkinliği yağışın asiditesinin artmasına neden olur (Irmak, 2005).

1.1.2.13. Kurşun

Mavimsi veya gümüş grisi renginde yumuşak bir metaldir. Kurşunun tetraetil veya tetrametil gibi organik komponentlerinin yakıt katkı maddesi olarak kullanılmaları nedeniyle kirletici parametre olarak önem gösterirler. Atmosferdeki kurşunun yaklaşık olarak % 80-90'ı; yakıtlara katkı maddesi olarak ilave edilen alkil kurşunun yanması sonucunda meydana gelir. Atmosferdeki kurşunun temel derişimi $5x10^{-5}$ $\mu g/m^3$ olarak tahmin edilmektedir. Kentsel alanlara yakın veya kentsel olmayan alanlardaki kurşun derişimi yaklaşık olarak 0.5 $\mu g/m^3$'dür (Irmak, 2005).

1.1.3. Hava Kirliliğini Etkileyen Faktörler

Hava kirliliğini etkileyen çeşitli meteorolojik faktörler sıcaklık, basınç, rüzgâr, nem ve güneş radyasyonu olarak belirtilmektedir (RSHM, 2010).

1.1.3.1. Sıcaklık

Sıcaklık, ısı enerjisinin sonucu olan molekül titreşimlerinin etrafa yaptığı etki olarak tanımlanmaktadır.

1.1.3.2. Basınç

Atmosferi oluşturan gazların ağırlıklarının atmosfer içinde ve altındaki cisimlere yaptığı etkidir.

A. Yüksek Basınç: Havanın soğuması ile yoğunlaşan havanın yer çekimi etkisi ile yeryüzüne çökmesi sonucunda, bu havanın altındaki yüzeylere yaptığı basınca yüksek basınç denir.

B. Alçak Basınç: Havanın ısınması ile genişleyen havanın altındaki cisimlere yaptığı basıncın azalmasıyla oluşan basınçtır.

1.1.3.3. Rüzgâr

Yatay yönde yer değiştiren hava kütlesinin hareketine rüzgâr adı verilir. Rüzgârın; yönü, hızı (şiddeti) ve sıklığı (frekans) olarak üç özelliği vardır.

1.1.3.4. Yağış

Havadaki su buharının çeşitli koşullarda yoğunlaşarak atmosferden düşmesine yağış adı verilir. Yağışlar, yağmur, kar, dolu olarak düşen çiğ, kırağı; sis olarak da düşmeyen hidrometeorlar olarak ikiye ayrılır.

1.1.3.5. Nem

Atmosferde bulunan su miktarı atmosferin nemliliği olarak adlandırılır.1 m^3 hava içindeki su buharının gram olarak ağırlığına mutlak nem denir. Havanın o anda taşıdığı nemin aynı sıcaklıkta yüklenebileceği en yüksek nem miktarına oranına nisbi nem denir. Bu değer yüzde ile ifade edilir.

1.1.3.6. Güneş Radyasyonu

Güneşten gelen ışınlar, atmosferin içine girdiği andan itibaren kırılıp, yansıyıp, yutulur, yön ve şekil değiştirirler. Güneşten doğrudan doğruya gelen ve yayılan ışınların tümüne Global Solar Radyasyon adı verilir. Güneşten gelen, yeryüzü tarafından tutulan ve daha sonra yayılan radyasyona da Net Radyasyon adı verilir

1.1.4. Hava Kirliliğinin Etkileri

Hava kirliliğinin kısa vadeli ve uzun vadeli etkileri mevcuttur. İnsanlara, hayvanlara, bitkilere, eşyalara olan kısa vadeli etkilerinin yanı sıra iklim değişikleri gibi uzun vadeli etkileri de vardır (Uçar, 1996).

Özellikle yapay kaynaklardan dış ortama verilen kirleticilerin yıllık miktarları, bir kaç yüz tondan milyonlarca tona kadar ulaşmaktadır. Bunlar oluştukları alan ve miktarlarına bağlı olarak, değişen ölçülerde etki meydana getirirler.

Havaya karışan kirleticilerin insanlarca solunması (doğrudan doğruya maruziyet), havadan toprak, bitki, hayvan ve diğer çevresel ortamlara geçerek biriken kirleticilerin içme suyu ve besin zincirine karışmaları (dolaylı maruziyet) ile vücuda giren kimyasalların birikimi ve emilimi sonucunda meydana gelen olumsuz sağlık etkileri hava kirliliğinin en önemli etkisidir.

Hava kirliliği, çevrenin bir parçası olan bitkiler ve hayvanlar üzerinde de olumsuz etki gösterir. Hava kirliliğinin etkilerini şu başlıklar altında ele almak mümkündür (Karpuzcu, 2007):

1.Halk sağlığına etkisi

2.Bitkilere etkisi

3.Hayvanlar üzerindeki etkisi

4.Eşyalar üzerine etkisi

5.Kirleticilerin ‘sinerjistik’ etkileri

1.1.4.1. Halk Sağlığına Etkisi

Yapılan pek çok çalışmada, dış ortam hava kirliliğinin solunum yolu hastalıklarına neden olduğu saptanmış, hava kirliliğinin yüksek olduğu dönemlerde hastaneye bu hastalıklara bağlı başvuruların arttığı tespit edilmiştir. Fosil kökenli yakıt kullanan enerji üretim tesislerinden kaynaklanan hava kirliliğinin "İnsan Sağlığına Etkileri" aşağıdaki başlıklar altında toplanmaktadır (RSHM, 2010).

1. Akciğer Kanseri

2. Bronşit

3. Kronel Bronşit

4. Raşitizm

5. Eklem Romatizması

6. Kalp Hastalıkları

7. Göz Yanmaları

8. Nefes Darlığı

9. Çeşitli tozların vücuttaki birikiminden doğan iştahsızlık ve neticesinde, vücudun zayıf düşerek zafiyete uğraması ve hastalığın vücudun direncini zayıflatması

10.Kirli havanın altında yaşayan insanlarda aşırı derecede ihtiyarlama belirtileri görülmesi

11. Romatizma

12. Hava kirliliği içinde yaşan insanlarda cinsiyet bozukluğu başlaması

13. Suç işleme oranında artış, sinirlilik, ruhsal bozukluklar vb.

14. Kan zehirlenmesi başlar. Hamile kadınlarda daha çabuk gözükür. Hamile olduğu için zehirlenme oranı yüksektir. Erkeklere oranla daha fazladır. Hamile kadınlar düşük yapabilir

15. Çeşitli tozların deri dokusunun üzerindeki delikleri terle birleşip kapamasıyla deri solunumuna mani olması (hava kirliliğinden dolayı vücutta solunum zorluğu başlar)

1.1.4.2.Bitkiler Üzerindeki Etkisi

Hava kirlenmesi bitkiler üzerine genel olarak üç şekilde tesireder (Karpuzcu, 2007).

1. Yaprak dokularının harap olması

2. Yaprakların sarı veya başka renklere dönüşmesiyle yeşilliklerinin kaybolması

3. Bitki büyümesinin yavaşlaması

1.1.4.3. Hayvanlar Üzerindeki Etkisi

Hava kirliliğinin diğer canlılar üzerinde olduğu gibi hayvanlar üzerinde de ciddi etkilerinin olduğu bilinmektedir. Geçmiş yıllarda kaza ile meydana gelen büyük hava kirlenmesi olayları hayvan ölümleri ile sonuçlanması bunun önemli bir göstergesidir.

Hava kirliliğinin sonucu olarak; 1930 yılında Belçika da sığırların büyük bir kısmı hastalanmış ve bazılarının kesilmesi gerekmiştir. 1948'de kanaryaların %20'si, köpeklerin ise %15'i büyük ölçüde etkilenmiştir.

Kronik zehirlenmeler genel olarak yem bitkilerinde absorbe edilen kirleticilerden ileri gelmektedir. Metaller, arsenik, kurşun gibi ağır metaller örnek olarak verilebilir. Örneğin, 1902 yılında Montano'da (ABD) sığırlar, atlar ve koyunlar bu nedenle büyük miktarda zehirlenmiştir.

1.1.4.4. Eşyalar Üzerindeki Etkisi

Hava kirliliğinin eşyalar üzerindeki en çok bilinen etkisi bina cephelerinde, kumaşlarda ve diğer eşyalar üzerinde lekeler meydana getirmesidir. Örnek olarak; havada rutubetin artması ile ortamda bulunan kükürt veya azot oksitlerin kimyasal reaksiyonu sonucunda oluşan asitlerin, binalara ve sanat eserlerine yaptıkları tahribat gösterilebilir. Yüzeyler üzerinde 0.3 mikron büyüklüğünde sisinbirikmesi sonucu bozulma ve lekeler meydana gelmektedir. Zamanla bu birikme yüzeyi

tahrip ederek renk değişikliği ile sonuçlanabilmektedir. Kükürtdioksitin eşyalar üzerinde çürüme korozyonu hızlandırıcı etkisi olduğu da bilinmektedir.

1.1.4.5.Kirleticilerin 'Sinerjistik' Etkileri

Hava kirlenmesinin etkilerini incelerken kompleks faktörlerin birlikte etki etmelerinin de göz önüne alınması gerekmektedir. Bunun en yaygın örneği 'sinerji'olarak bilinen olaydır. Sinerjistiketki ortamdaki diğer kimyasal maddelerin varlığından etkilenir. İki kirleticinin birlikte meydana getirdikleri etki ayrı ayrı oluşturdukları etkiden çok farklı olabilmektedir. Mesela yalnız başına sadece bronşlara etki eden SO_2 ortamda aeresollerin bulunması halinde bunların yüzeylerinde absorbe olarak akciğerlerin pulmonarine zarlarına kadar giderek hava torbacıklarının tahribatına neden olabilmektedir.

1.2. Yapay Sinir Ağları ile Modelleme Hakkında Genel Bilgiler

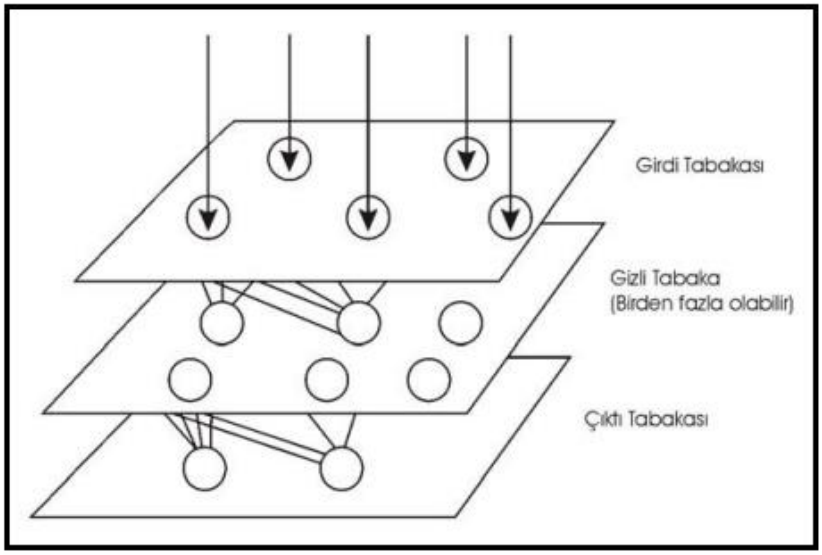
Çalışmanın son bölümünde hava kirletici parametrelerin (PM ve SO_2) değişimlerinin meteorolojik faktörlerle ilişkilerinin yapay sinir ağları (YSA) yaklaşımı ile modellenmesi konu edilmektedir.

1.2.1. Yapay Sinir Ağlarının Genel Özellikleri

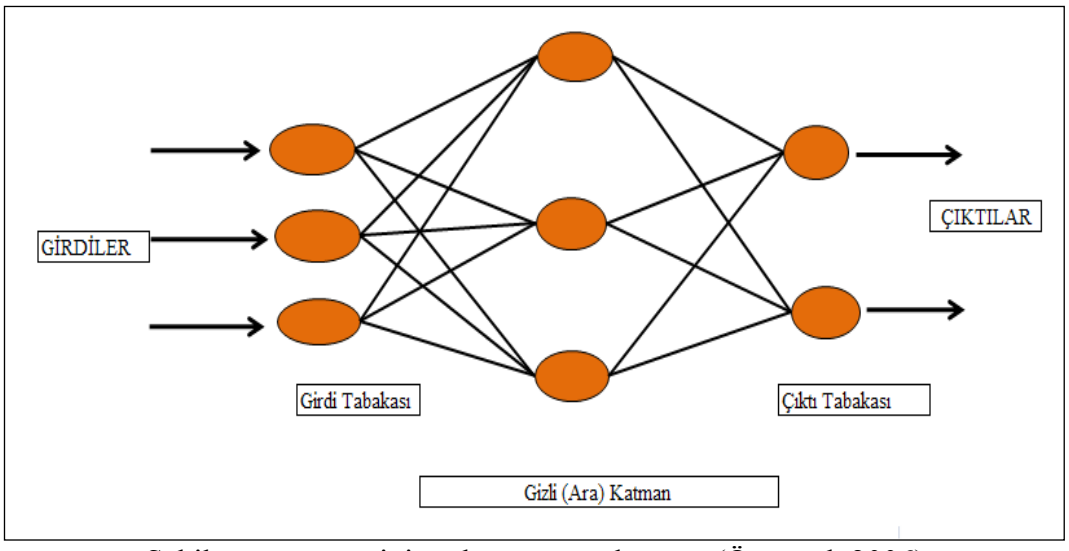
Yapay sinir ağları "Örneklerden olaylar arasındaki ilişkileri öğrenerek daha sonra hiçi görmediği örnekler hakkında öğrendikleri bilgileri kullanarak karar veren sistemler" şeklinde tanımlanmaktadır (Öztemel, 2003).. Diğer bir deyişle, YSA insan beyninin en temel özelliği olan öğrenme fonksiyonunu gerçekleştiren bilgisayar sistemleridir (Öztemel, 2003). YSA'ya dayalı hesaplamanın (nörohesaplama) esas amacı YSA'ya insan beynindeki bilgi işlemeyi ve bilgi edinmeyi taklit ederek öğrenmesi için imkân vereceği matematiksel algoritmalar geliştirmektir (Hinton, 1989).

Milyonlarca biyolojik sinir hücresinin (nöronun) bağlantılar aracılığıyla birleşerek beyni oluşturdukları gibi, birçok yapay sinir hücresinin birleşmesiyleyani bu yapının işleyişinin taklit edilmesiyle yapay sinir ağları oluşmaktadır. Başka bir deyişle, nöronların aynı doğrultu üzerinde bir araya gelmesiyle katmanlar ve bu birkaç katmanın birleşmesiyle de yapay sinir ağları oluşmaktadır. Yapay Sinir Ağlarının genel yapısı üç katmandan oluşmaktadır. Bunlar; girdi katmanı, gizli

katman veya ara katmanı ve çıktı katmanıdır. Bilgiler ağa girdi katmanından iletilir ve ara katmanlarda işlenerek oradan çıktı katmanına gönderilirler. Burada bilgi işlemenin tanımı ise gelen bilgilerin ağın ağırlık değerleri kullanılarak çıktıya dönüştürülmesidir (Öztemel, 2003). Bu katmanların değişik biçimlerde birbirine bağlanması ile değişik ağ mimarilerinin oluşması sağlanmaktadır (Yurtoğlu, 2005). Bir YSA'nın genel yapısı aşağıda gösterilmektedir (Şekil 1.1 ve Şekil 1.2).



Şekil 1.1. Yapay sinir ağlarının genel yapısı (Yurtoğlu, 2005)



Şekil 1.2. Yapay sinir ağlarının genel yapısı (Öztemel, 2006)

YSA'da öğrenme genellikle örnekler kullanılarak gerçekleştirilir. Bu aynı zamanda YSA'da "eğitim" olarak da adlandırılır. Çünkü öğrenme YSA'da tekrarlı bağlantı ağırlıklarını ayarlayarak gerçekleştirir. Böylece eğitme (ya da öğrenme) gibi

YSA'nın belirgin görevleri yapılabilir. YSA'da öğrenme, kabaca, denetimli, denetimsiz ve güçlendirici öğrenme şeklinde ayrılabilir. Denetimli öğrenme, bir YSA'nın gerçek çıktısı ve hedef çıktı olarak da bilinen, istenilen doğru çıktı arasındaki doğrudan karşılaştırmaya dayanır. Genellikle mevcut verinin tamamı üzerinde toplanan, gerçek çıktı ve istenilen çıktı arasındaki toplam ortalama kareler hatası gibi hata fonksiyonunun en aza indirilmesi olarak formülize edilir. Geriye yayılım gibi bir gradyan azalma tabanlı optimizasyon algoritması, hatayı en aza indirmek için YSA'da tekrarlı olarak bağlantı ağırlıklarını ayarlamak için kullanılabilir (Hinton, 1989). Güçlendirici öğrenme, tam istenen çıktının bilinmediği, denetli öğrenmenin özel bir durumudur. Sadece gerçek çıktının doğru olup olmadığına dair bilgiye dayanır. Denetimsiz öğrenme sadece girdi verileri arasındaki korelasyona dayanır. Öğrenme için "doğru çıktı" üzerine bir bilgi mevcut değildir (Jain vd., 1996). YSA işleyiş olarak benzer olmalarına rağmen herhangi bir tasarım ve işleyiş standardı bulunmamaktadır. Nöron dizilimlerine, nöronların ağırlıklarının düzenleme için yapılan hesaplamaların türüne ve zamanına göre YSA üç ayrı dalda incelenebilir (Schalkoff, 1997).

1.2.2. Yapay Sinir Ağlarının Sınıflandırılması

Genel olarak, YSA'ları üç ana kritere göre sınıflandırılmaktadır.

Bu kriterlerden biri, yapay sinir ağlarının bağlantı yapısıdır ve buna "ağın mimarisi" de denilmektedir. Yapay sinir ağının bağlantı yapısı, sinirler arasındaki bağlantıların yönlerine göre veya ağ içindeki işaretlerin akış yönlerine göre birbirlerinden ayrılmaktadır. Bazı ağlar ileri besleme şeklinde yapılandırılırken, bazı ağlar ise geri beslemeli ağ yapısı içermektedirler. İleri beslemeli sinir ağlarında, nöronlar arasındaki bağlantılar bir döngü oluşturmazlar ve bu ağlar girdi veriye genellikle hızlı bir şekilde karşılık üretirler. Geri beslemeli ağlarda ise bağlantılar döngü içerirler ve her döngü seferinde yeni veri kullanabilmektedirler.

İkinci sınıflandırma kriteri, öğrenme şekillerine göre olandır. Bu kritere göre üç temel öğrenme şekli vardır. Bunlar danışmanlı (öğretmenli) öğrenme, danışmansız (öğretmensiz) öğrenme ve destekleyici öğrenmedir.

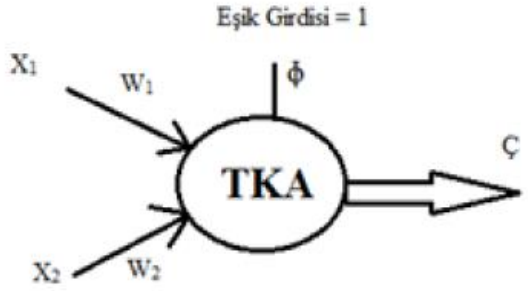
Üçüncü sınıflandırma kriteriise katman sayılarına göre yapılan sınıflandırmadır. Bu sınıflandırmaya göre ağlar, tek katmanlı ve çok katmanlı ağlar olarak ikiye

ayrılmaktadırlar. Tek katmanlı ağlar ve çok katmanlı ağlar hakkında detaylı bilgi aşağıda verilmiştir.

1.2.2.1. Tek Katmanlı Ağlar

Tek katmanlı yapay sinir ağları (TKA) sadece girdi ve çıktı katmanlarından oluşur. Her ağın bir veya daha fazla girdisi ve çıktısı (Ç) vardır. Çıktı üniteleri bütün girdi ünitelerine (X) bağlanmaktadır. Ağın çıktısı ağırlıklandırılmış girdi değerlerinin eşik değeri ile toplanması sonucu bulunur. Şekil 1.3'teki ağ iki girdisi ve bir çıktıdan oluşmaktadır. Bu ağlarda proses elemanlarının değerlerinin ve dolayısıyla ağın çıktısının sıfır olmasını önleyen bir de eşik değeri (ϕ) vardır. Eşik değerinin girdisi daima 1'dir (Öztemel, 2003).

Beyin işlevlerini modelleyebilmek amacıyla yapılan çalışmalar sonucunda ortaya çıkan tek katmanlı, eğitilebilen ve tek çıkışa sahip olan bir model olup bir sinir hücresinin birden fazla girdiyi alarak bir çıktı üretmesi prensibine dayanmaktadır. Ağın çıktısı bir veya sıfırdan oluşan mantıksal değerdir (Öztemel, 2003).



Şekil 1.3.İki girdi ve bir çıktıdan oluşan en basit TKA modeli (Öztemel, 2003)

Eğriselliği sağlayacak gizli tabakanın bulunmaması sebebiyle bu türden ağlar daha çok doğrusal problemler için kullanılır. Ağın çıktısı ağırlıklandırılmış girdi değerlerinin eşik değeri ile toplanması sonucu bulunur. Bu girdi değeri bir aktivasyon fonksiyondan geçirilerek ağın çıktısı hesaplanır (Öztemel, 2003).

1.2.2.2. Çok Katmanlı Ağlar

Yapay sinir ağlarının günümüzde en yaygın olarak kullanılan modeli çok katmanlı algılayıcı (ÇKA) ağlarıdır. Bu ağlar, özellikle mühendislik problemlerinin %95'ine çözüm üretebilecek nitelikte sistemlerdir (Öztemel, 2003).

Bu ağlar 3 katmandan oluşurlar (Öztemel, 2003):

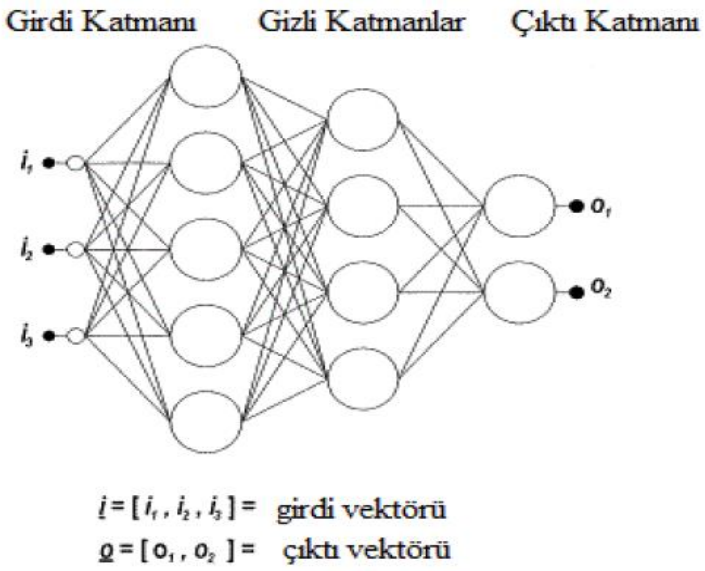
• Girdi katmanı: Dış dünyadan bilgileri alır. Bu katmanda herhangi bir bilgi işleme olmaz.

• Ara katmanlar: Girdi katmanından gelen bilgileri işlerler. Bir adet ara katman ile birçok problemi çözmek mümkündür. Eğer ağın öğrenmesi istenilen problemin girdi/çıktı arasındaki ilişkisi doğrusal olmaz ve karmaşıklık artarsa birden fazla sayıda ara katmanda kullanılabilir.

• Çıktı katmanı: Ara katmandan gelen bilgileri işleyerek ağa girdi katmanından sunulan girdi için ağın ürettiği çıktıyı bulur. Bu çıktı dış dünyaya iletilir (Şekil 1.4).

Çok katmanlı algılayıcının mimarisi çeşitlidir. Ama genelde nöronların birkaç katmanından oluşur. Girdi katmanı hesaplama rolü oynamaz, sadece girdi vektörü ağa iletir. Girdi ve çıktı vektörleri terimleri, çok katmanlı algılayıcının girdilerini ve çıktılarını ifade eder. Birçok katmanlı algılayıcının, bir veya daha fazla gizli katmanı ve sonuç olarak da bir çıktı katmanı olabilir. Çok katmanlı algılayıcılar, her bir bağın ilerdeki ve bir önceki katmandaki bağa bağlanması ile tamamen bağlantılı olarak tasvir edilirler (Gardner ve Darling, 1998).

Çok katmanlı algılayıcılar eğitim aracılığıyla öğrenme kabiliyetine sahiptir. Eğitim, çıktı vektörleriyle ilişkili olan girdi serilerinden oluşan bir eğitim veri seti gerektirir. Çok katmanlı algılayıcı eğitim sırasında sürekli olarak eğitim verileri ile sunulur ve ağdaki ağırlıklar istenen girdi-çıktı haritalama oluşana kadar ayarlanır. Çok katmanlı algılayıcılar denetli bir davranış içinde öğrenirler. Çok katmanlı algılayıcı çıktı eğimi sırasında belirli bir girdi vektörü için istenilen çıktı eşit olmayabilir. İstenilen ve gerçek çıktı arasındaki fark için bir hata sinyali belirlenir (Gardner ve Darling, 1998).



Şekil 1.4.Çok katmanlı algılayıcı modeli (Gardner ve Darling, 1998)

Eğitim, ağda ayarlanmış olması gereken ağırlıkların hangi derece olduğunu belirlemek için bu hata sinyalinin büyüklüğünü kullanır. Böylece çok katmanlı algılayıcının toplam hatası azaltılır. Çok katmanlı algılayıcı eğitmek için kullanılabilecek birçok algoritma vardır. Uygun temsil eden eğitim verileriyle eğitilir eğitilmez, çok katmanlı algılayıcı yeni, görülmemiş girdi verisini genelleyebilir (Gardner ve Darling, 1998).

1.2.3. Yapay Sinir Ağları Kullanım Alanları

Geçtiğimiz yıllar boyunca yapay sinir ağları üzerindeki ilgi önemli derecede artmıştır.

Yapay sinir ağları, öğrenme, ilişkilendirme, sınıflandırma, genelleme, tahmin, özellik belirleme ve optimizasyon işlemlerini gerçekleştirerek, bir müdahale yapılmaksızın elinde bulunan bilgilere göre sonuç üretebilirler. YSA'ları öğrenme işlemi sırasında verilen bilgiler ile kendini düzenleyerek daha sonraki girdiler için doğru kararlar verebilme yeteneğine sahiptir. Ayrıca verideki eğilim veya yapıyı iyi tanımlayan bir yöntem olması dolayısıyla tahmin ve öngörü işlemleri için kullanımının oldukça uygun olduğu bilinmektedir (Öztemel, 2006).

YSA'ları öğrenme yeteneği sayesinde bilinen örnekleri kullanarak daha önce karşılaşmadığı durumlar hakkında genelleme yapabilmektedir. Öğrenme

aşamasında veriler kullanılarak girdi ile çıktı arasındaki hata minimum yapılmakta ve girdi-çıktı değişkenleri arasında en az hatayı veren YSA modeli kurulabilmektedir (Zhang vd., 1998).

Uyarlanabilirlilik ve esneklik özelliği sayesinde YSA'ları yeni bilgilerin ortaya çıkması ve ortamda değişiklik olması durumunda bağlantı ağırlıklarını değiştirerek ağı yeniden eğitebilmektedirler. Bu, YSA'larını geleneksel istatistik yöntemlerinden ayıran en temel özelliklerden biridir (Zhang vd., 1998).

YSA, çok sayıda uygulama alanlarına başarıyla uygulanabilir. Bunlardan en önemli olanları:

1. Fonksiyon yaklaşımı: Tek bir çıktıya çoklu girdi haritalaması kurulur. Çoğu istatistiksel tekniğin aksine, uygulanabilir modelle parametrelerin serbest tahminini yapabilir.

2. Örüntü ilişkisi ve örüntü tanıma: Bu örüntü sınıflandırmanın bir problemidir. YSA, bu alanda zor problemleri çözmek için örneğin; ses, görüntü ya da video tanıma gibi etkili olarak kullanılabilir. Bu görev örüntünün önceden bir tanımını yapmadan bile gerçekleştirilebilir. Böyle durumlarda ağ, yeni örüntüleri tamamen tanımlamayı öğrenir.

3. İlişkilendirilebilir hafızalar: Bu, sadece belli bir altküme ipucu verildiğinde bir örüntünün hatırlanması problemidir. Böyle uygulamalarda kullanılan ağ yapısı genellikle birçok etkileşimli nörondan oluşan karmaşık bir yapıdır.

4. Yeni anlamlı örüntü üretimi: Bu genel uygulama alanı nispeten yenidir. Bazı iddialar uygun nöronal yapı yaratıcılık unsurları sergileyerek yapılır (Kalgirou, 2001).

Günümüzde Tıp, ekonomi, meteoroloji, psikoloji, nöroloji ve pek çok diğer birçok alanda YSA yaygın olarak kullanılmaktadır. Bazı önemli kullanım alanları elektromiyografa ve diğer tıbbi imza analizinde ses ve konuşma tanıma, askeri hedeflerin teşhisinde ve yolcu bavullarında patlayıcı teşhisinde olan kullanımlarıdır. Hava durumu ve pazar eğilimleri tahmininde, mineral keşif alanlarında, elektrik ve termal yük tahmininde ve uyarlanabilir robot kontrolünde de kullanılabilmektedir.

Ayrıca veri madenciliği, optik karakter taşıma, optimum rota belirleme, parmak izi tanıma, malzeme analizi, iş çizelgelemesi ve kalite kontrol, tıbbi analizler gibi bir çok alanda YSA uygulamalarının başarılı örneklerine rastlamak mümkündür (Öztemel, 2003).

YSA yapıları arasında performans ve karakteristik özellikleri bakımın farklılıklar vardır. YSA'larının yapıları, özellikle ağın modelleme yeteneğini belirledikleri için oldukça önemlidirler. Yapay sinir ağının tasarımı aşamasında bu ağ yapıları arasından uygulamaya en elverişli olanı seçilir. Optimal ağ mimarisinin belirlenmesinde, önerilen bazı teknikler olmasına rağmen, bu metotlar oldukça karmaşıktır ve bu metotların uygulanması oldukça zordur. Ayrıca, bu metotlardan hiçbiri gerçek tahmin problemleri için optimal çözümü garanti etmemektedir. Kısacası, bu parametrelerin belirlenmesinde kesin ve açık şekilde uygulanan metotlar yoktur (Zhang vd., 1998). Bu çalışmada oluşturulan Yapay sinir ağı mimarileri içerisinden en optimum sonucu veren mimarinin belirlenmesi amaçlanmaktadır.

1.2. Literatür Özeti

1.2.1. Hava Kalitesi ve İzlenmesi KonusundaLiteratür Özeti

Uluslararası alanda önemli bir çevre sorunu olarak kabul edilen hava kirliliğiyle ilgili literatürde çok çeşitli çalışmalar bulunmaktadır. Aşağıda özellikle hava kalitesi alanında istatistiksel analiz, emisyon envanteri ve modelleme konularında gerçekleştirilen çalışmalar özetlenmektedir.

Eğri (1997) 1996-1997 kış dönemi için Malatya il merkezindeki hava kirliliği ile meteorolojik faktörlerin ilişkisini analitik olarak incelemiştir. Çoklu regresyon analizini kullandığı çalışmada bağımlı değişken olarak SO_2 ve PM derişimlerini; bağımsız değişken olarak ise hava sıcaklığı, bağıl nem, atmosfer basıncı, yağış miktarı ve rüzgâr hızı değerlerini kullanmıştır. Sonuç olarak SO_2 ile rüzgâr hızı dışındaki değişkenlerin tümü anlamlı ilişki içerisinde iken; PM ile hava basıncı, bağıl nem ve sıcaklık değişkenlerinin anlamlı ilişki içerinde olduğunu tespit etmiştir.

Mitra vd. (2001) hava kirletici partikül sınıflandırması ile fosil kaynaklı yakıtların yanması sonucu meydana gelen kirlilik kaynakları olan trafik, sanayi ve evsel ısınma kaynaklı kirleticilerin karakterizasyonunu ortaya koymuş, yanma ürünlerinin ölçüm teknikleri konusunda tavsiyelerde bulunmuştur.

Elbir vd. (2001) bölgesel ölçekte (Ege Bölgesi- Kütahya ili hariç) emisyon envanteri çalışması gerçekleştirmiştir. Beş yıllık periyotlar süresince (1985, 1990, 1995, 2000, 2005) önemli beş hava kirletici parametre derişimleri (PM, SO_x, NO_x, VOC, CO) kullanılarak hesaplamalar gerçekleştirilmiştir. Çalışmada tüm önemli hava kirleticiler (evsel, sanayi, ısınma ve trafik) için bölgesel ölçekte emisyon envanteri hazırlanmıştır.

Zhang ve Morawska (2002) fosil kaynaklı yakıtların yanması sonucu oluşan PM emisyonunun ölçümü ve hava kalitesi düzenleme kontrol çalışmalarını açıklamışlardır. Fosil yakıtların yanma kaynakları olan trafik, sanayi ve evsel ısınma kaynaklı kirletici emisyon faktörlerini derlemişlerdir.

Payan ve Ertürk (2002) Bursa İli için 1995-1996 kış sezonuna ait SO_2 ve NO_x kirleticileri derişimlerinive Kriging Uzaysal Enterpolasyon Yöntemini kullanarak seçilen çalışma bölgelerine ait kirlilik haritası oluşturmuşlardır. Nüfus ve trafiğin yoğun olduğu semtlerde hava kirliliğinin yoğunlaştığını tespit etmişlerdir.

Uysal (2002) Çanakkale İli için 1991-2001 dönemini kapsayan hava kirliliği sorununu ele aldığı çalışmasında SO_2 ve PM derişimlerini incelemiş ve 1996-1997 kış döneminde SO_2 seviyesinin oldukça yüksek düzeyde olduğunu, PM değerlerinin ise 1993-1994 kış döneminde arttığını tespit etmiş ve nedenlerini açıklamıştır.

Elbir (2003) İzmir ilinde sanayi ve evsel ısınmadan kaynaklanan SO_2 emisyon dağılımını incelemiştir. Çalışmada Calmet meteorolojik modeli ve puf dağılım modelini kullanmış olup İzmir ilinin ilçelerine ait hava kalitesi dağılımını analiz etmiştir.

Stress vd. (2003) Asya bölgesi geneli için emisyon envanteri oluşturmuşlardır. Bu amaçla atmosferik modelleme ve hava kalitesi izleme istasyonlarından sağlanan 2000 yılına ait verileri (SO_2, NO_x, CO_2, CO, metan dışı uçucu organik bileşikler-NMVOCs, siyah karbon ve organik karbon) kullanmışlardır.

Elbir ve Müezzinoğlu (2004) İzmir İli'nde ısınma, endüstriyel ve trafik kaynaklı birincil hava kirleticilerin (SO_2, NO_2 ve PM_{10} analizini gerçekleştirdikleri çalışmada, toplam emisyon değerine hangi kaynağın ne oranda katkıda bulunduğunu analiz etmişlerdir.

Çetin vd. (2004) Kocaeli İli için konutlardan kaynaklanan NOx emisyonu envanterini oluşturmuşlardır. Çalışma sonucunda En fazla NOx emisyonunun Gebze İlçesi'nden kaynaklandığını ve yıllık ortalama 2009 ton NOx emisyonunun atmosfere verildiğini tespit etmişlerdir.

Arriga-Colina vd. (2004) Meksika şehrine ait uçucu organik kirleticiler (VOCs) ve CO emisyon envanterini oluşturmuşlardır. Bu çalışmalarında 1992-2001 dönemine ait verileri kullanmışlardır.

Çiçek vd. (2004) Kasım 2001- Nisan 2002 dönemine ait değerler kullanılarak çoklu regresyon analizi yöntemini kullanarak Ankara İli için hava kalitesi analizi gerçekleştirmişlerdir. Bağımlı değişken olarak SO_2, PM_{10}, NO, NO_2 ve CO; bağımsız değişken olarak ise sıcaklık, rüzgâr hızı, bağıl nem incelenmiştir. Her bir bağımlı değişken ile bağımsız değişkenler arasında çoklu regresyon analizi gerçekleştirilen çalışmanın sonucunda, aralık ayı PM_{10} ve CO arasındaki ilişki dışında diğer tüm regresyonlarda anlamlı ilişkiler saptanmıştır.

Yıldızay (2005) Kütahya İli'nde doğalgaz kullanımının hava kalitesi üzerine etkilerini incelemiştir. Şehrin doğalgaz kullanımına 2004-2005 ısınma sezonuna başlamış olduğu belirtilip, çalışma sonunda bu durumun neden olduğu ısıtma sistemi ekipman dönüşümü maliyet hesaplamaları gerçekleştirilmiştir.

Luecken vd. (2006) tehlikeli hava kirleticilerin (formaldehit, asetaldehit, benzen, 1-3 bütadien, propenal) izlenmesi için hava kalitesi modeli geliştirmiş ve kirleticilerin analizini gerçekleştirmişlerdir. Çalışmada çok ölçekli hava kalitesi modelleme (CMAQ) sistemi kullanılmışlardır. Amerika için 2001 yılını kapsayan modelleme çalışmasının sonucunda elde edilen değerler incelenmiştir.

Wong vd. (2006) kapalı alan hava kalitesini inceledikleri çalışmalarında havalandırmalı ofislerdeki yaygın hava kirletici derişimlerinden dokuz tanesini (CO, CO_2, solunabilir askıda partiküller, NO_2, ozon, formaldehit, toplam uçucu

organik bileşikler, radon, havadaki bakteri sayısı) ve üç adet termal konfor parametresini (sıcaklık, bağıl nem, hava hızı) Hong Kong'da bulunan 422 ofis için izlemişler ve sonuçlar arası korelasyonları istatistiksel analiz yöntemi ile değerlendirmişlerdir.

Garipağaoğlu (2006) Türkiye'de hava kirliliği sorununun coğrafi bölgelere göre dağılımını içeren çalışmasında, kükürtdioksit ve partiküler madde derişimlerini esas alarak ülkenin coğrafi bölgelerinde 1990-2000 dönemi hava kalitesini değerlendirmiştir. Çalışma sonucunda bazı şehirlerde kış döneminde hava kalitelerinin zaman zaman sınır değerlere yaklaştığı veya aştığını tespit etmiştir.

Doğan ve Kitapçıoğlu (2007) İzmir İlinde hava kirliliğini 1989-2004 dönemi için incelemiş, verilerin analizinde tek değişkenli zaman serisi analizi, eğilim eğrisinin anlamlılığı testi ve eğilimler arası kırılmanın anlamlılığı testi kullanılmıştır.

Kılıç (2008) Bayburt İli için hava kalitesi değerlendirme çalışması gerçekleştirmiş. Ülkemizde en az nüfusa sahip illerden biri olmasına rağmen hava kirliliği derişimlerinin zaman zaman sınır değerleri aştığı Bayburt İli'ne ait $PM_{2.5}$, PM_{10} ve SO_2 derişim değerleri ve çeşitli meteorolojik faktörler arasındaki ilişki SPSS 11.5 paket programı kullanılarak analiz edilmiştir.

Özden vd. (2008) beş temel hava kalitesi faktörü olan; SO_2, PM, NO_2, O_3 ve metan dışı-uçucu organik karbon (NMVOCs) derişimlerini pasif örnekleme metodu kullanarak Eskişehir ili için izlemiş ve sonuçları istatistiksel olarak değerlendirip benzer özelliğe sahip şehirlerle karşılaştırmıştır.

Döğeroğlu (2010) Eskişehir İli için ısınma, sanayi ve trafik kaynaklı kirleticilerden kaynaklı emisyon envanteri çalışması gerçekleştirmiştir. Çalışmada bu emisyon tahminleri ve emisyon faktörlerinin kirlilik kaynağına göre farklı kullanımları değerlendirilmiştir.

Kurt ve Oktay (2010) İstanbul İli'nde on farklı noktadan SO_2, CO ve PM_{10} derişimlerini üç gün boyunca izlemiş ve Beşiktaş semti için bir hava kalitesi modeli geliştirmişlerdir. Modelin doğrulama süreci bir yıl (Ağustos 2005- Ağustos 2006) sürmüştür ve bu sistemin kentsel hava kalitesi tahmininde ne kadar kullanılabilir olduğunu tartışmışlardır.

Ross vd. (2011) New York şehri için gürültü, hava kirliliği ve trafik ölçü birimini kapsayan bir çalışma gerçekleştirmiştir. Çalışma kapsamında, sürekli ölçümler ile bu kavramlar arasındaki korelasyonu incelemişlerdir. Saatlik olarak ölçülen elementel karbon ve gürültü değerleri, PM, azot oksitler rüzgâr hızı, araba, traktör, otobüs trafiği değerleri arasındaki korelasyonlar istatistiksel olarak değerlendirilmiştir.

Banerjee vd. (2011) Hindistan'ın Partnagar kenti için hava kirleticilerin derişimlerive meteorolojik değişkenler arasındaki korelasyonu istatistiksel olarak incelemişlerdir. Çalışmada Mayıs 2008- Nisan 2009 dönemine ait hava kirletici parametreler (SO_2, NO_2ve PM) ile meteorolojik değişkenler (bağıl nem, rüzgârhızı, yağış ve hava sıcaklığı) haftalık olarak izlenerek, çoklu lineer regresyon analizi yöntemi ile analiz edilmiştir.

Chan vd. (2011)Brisbane'de bulunan sanayi bölgesi için Haziran 2001 boyunca hava kirletici derişimlerini izlemiş ve Pozitif MatrixFaktörizasyon modelini (EPA, PMF 30) kullanarak hava kalitesi değerlendirmesini gerçekleştirmişlerdir.

Dadaşer Çelik ve Kırmacı (2011) Kayseri İli için 1990- 2007 yılları arası dönem için kent merkezindeki SO_2ve PM derişimleri meydana gelen değişimleri incelemiş, meteorolojik faktörler ile bu kirletici derişimleri arasındaki korelasyonu değerlendirmiştir. SO_2 ve PM düzeyleri ile aylık ortalama nem miktarları arasında orta derecede güçlü pozitif bir ilişki olduğunu tespit edilmiştir.

Pekey ve Yılmaz (2011) Türkiye'de sanayi bölgelerine ait uçucu organik bileşikleri analiz etmek amacıyla Kocaeli ilinde 49 ayrı noktadan pasif örnekleme metodu ile veritoplamış ve elde edilen sonuçları istatistiksel analiz yöntemi ile değerlendirmişlerdir.

Gümrükçüoğlu ve Soylu (2011) Adapazarı ilçesi için ısınmadan kaynaklı emisyon envanteri çalışması gerçekleştirmişlerdir. Çalışmada seçilen 11 mahalleden elde edilen CO_2 ve NO_xderişimlerinii izlenmiş ve CBS kullanılarak emisyon dağılımı haritası oluşturulmuştur.

İmal vd. (2012) Kahramanmaraş İli'nde doğalgaz kullanımına geçilmesi ile birlikte hava kalitesinde gözlenen değişimleri incelemiştir. Bu amaçla, şehrin doğalgaz

kullanımına başladığı tarih 2006 yılı olduğundan çalışmada 2007- 2012 yılları arası dönemi kapsayan SO_2 ve PM derişimleri kullanılmıştır. Sonuç olarak doğalgaz kullanımının şehrin hava kalitesini olumlu yönde etkilediği ve hava kalitesi üzerinde şehrin topografik yapısı, kullanılan yakıt cinsi ve miktarı ile trafikte bulunan araç sayısının da etkili olduğunu tespit etmiştir.

Turan ve Yalçın Çelik (2012) gerçekleştirdikleri çalışmada, Erzurum İli için 2002-2010 yıllarına ait SO_2 ve PM derişim değerleri kullanılarak hava kirliliği profilini çıkarmış ve sonuç olarak, doğalgaz kullanımının yaygınlaşması ile hava kalitesinde kademeli bir artış meydana geldiğini tespit etmişlerdir.

Yıldız vd. (2012) Karabük ilindeki hava kirliliğinin doğalgaz kullanımına bağlı değişimini inceledikleri çalışmalarında SO_2 ve PM derişimlerinin doğalgaza geçiş ile değişimlerini incelemişlerdir. Çalışma sonucunda, doğalgaz kullanımına geçiş ile birlikte hava kirliliği parametrelerinde düşüş olduğunu tespit etmişlerdir.

Dominick vd.(2012) Malezya için hava kalitesini değerlendirdikleri çalışmada, seçilen sekiz noktadaniki yıl (2008-2009) süresince genel hava kirletici derişimlerinin tümünü çoklu lineer regresyon analizi ile değerlendirmişlerdir. Çalışma sonucunda hava kirliliğinin temel kaynaklarının motorlu taşıtlardan, uçaklardan, sanayi faaliyetlerinden ve yoğun nüfusa sahip bölgelerden kaynaklanan emisyonlar olduğunu tespit etmişlerdir. Çalışmada ayrıca meteorolojik faktörler (rüzgar hızı, sıcaklık, nem) ile PM_{10} derişimi arasındaki korelasyon değerlendirilmiştir.

Akyürek vd. (2013) Kocaeli İli'nde bulunan 9 adet hava izleme istasyonundan alınan veriler CBS tekniği ile değerlendirilmiş ve kirleticilerin mekânsal analizi gerçekleştirilmiştir. Çalışma sonucunda mekânsal kirlilik dağılım haritaları oluşturulmuş ve istasyon bazındaki istatistikler dinamik haritalama ile değerlendirilmiştir.

Kim vd. (2014) Kuzey Kore için NO_x emisyon envanterini oluşturmuşlardır. Bu çalışmada 1996-2005 dönemine ait uydusal ölçüm sonuçlarını kullanmışlardır. Çalışma sonucunda, Kuzey Kore'ye ait NO_x derişimlerinin Güney Kore'den oldukça farklı olduğunu ve ayrıca aylık NO_x emisyonlarının ısınma sezonunda yüksek olduğunu tespit etmişlerdir.

Mayda ve Yılmaz (2013) Düzce için kesitsel hava kalitesi analizi çalışması gerçekleştirmişleridir. Bunun için 2007-2011 yılları arasında ölçülmüş SO_2 ve PM verileri ile bazı meteorolojik faktörler (rüzgâr hızı, hava sıcaklığı, rüzgar yönü, bağıl nem ve hava basıncı) arasındaki ilişkiyi değerlendirmişlerdir. Ölçüm verilerini yönetmelik sınır değerleri ile de karşılaştırarak sınır değerlerin aşıldığı günler olduğunu ve hava kalitesinin artırılması için önlemler alınmasının gerekliliği belirtmişlerdir.

Timmermans vd. (2013) Paris bölgesine ait kentsel hava kalitesini değerlendirmiş ve şehre ait emisyon envanteri oluşturmuşlardır. Çalışmada Azotoksit ve partikül madde derişimlerini kullanılmış olup çalışma sonucunda Paris'te PM derişimininoldukça düşük değerlerde olduğunu tespit etmişlerdir.

Çukurluoğlu ve Besim (2015) Denizli İli organize sanayi bölgesine ait yakıt kaynaklı emisyon envanteri çalışması gerçekleştirmişlerdir. Bu amaçla organize sanayi bölgesinde kömür ve doğalgaz kullanımı sonucu oluşan kirletici derişimleri ve emisyon hesaplaması için EPA 42 emisyon faktörünü kullanmışlardır.

Alyüz ve Alp (2014) 2010 yılına ait Türkiye'deki endüstriyel proseslerden kaynaklı hava kirleticiler için emisyon envanteri oluşturdukları çalışmada, endüstrileri 7 ana kategori ve 53 alt katergoriye ayırarak değerlendirmişlerdir. Çalışma sonucunda maden endüstrisi, demir ve çelik endüstrisi 2010 yılında Türkiye'deki hava kirliliğine en çok katkı yapan sektörler olarak tespit edilmiştir.

Apaydın (2014) Kayseri İli için alansal kaynaklı emisyon envanteri çalışması gerçekleştirmiştir. Çalışmada, ölçülen parametreler olan SO_2 ve PM parametreleri yanında, NO_x ve CO gibi farklı kirleticilerin de emisyonları belirlenmiştir. Ekim 2011 - Eylül 2012 dönemine ait veriler kullanılmış ve sonuçlar coğrafi bilgi sistemleri kullanılarak görselleştirilmiştir.

Li ve Xie (2014) Çin'e ait biyojenik uçucu organik bileşiklerin emisyon envanterini oluşturmuşlardır. Çalışmalarında 1981-2003 dönemine ait verileri kullanmışlar ve modelleme yöntemi ile sonuçların analizini gerçekleştirmişlerdir.

Yuan vd. (2014) yoğun nüfusa sahip şehirlerin kent morfolojisi ve hava kirleticilerin dispersiyonu arasındaki ilişkiyi araştırdıkları çalışmalarında, Hong

Kong şehrindeki hava kalitesini değerlendirmek için simülasyon ve parametrik çalışması yapmışlardır. Çalışma sonucunda, parametrik uygulamanın yoğun nüfusa sahip şehirlerin dizaynında pratik olarak kullanılabilecek bir metot olduğunu tespit etmişlerdir.

Çotuker (2014) Çanakkale İli için hava kalitesini değerlendirme çalışması gerçekleştirmiştir. Çalışmada, ölçümler Ağustos 2013- Nisan 2014 periyodu süresince gerçekleştirilmiş olup hava kirletici parametreleri olarak CO, CO_2, PM ve O_3 ölçümleri yapılmıştır. İç ve dış ortamlarda eş zamanlı olarak yürütülen kirletici derişimini ve meteorolojik faktörlerin ölçümünden elde edilen datalar arası korelasyonlar istatistiksel olarak analiz edilmiştir.

Zhou vd. (2014) yüksek kararlılığa sahip birincil gaz hava kirleticiler (SO_2, NO_x, VOC ve CO) için regresyon metodunu kullanarak Çin'e ait Handan bölgesi için hava kalitesi değerlendirme çalışması gerçekleştirmişlerdir. Regresyon modellemesinde kullanılan veriler kömür tüketimi, fuel-oil tüketimi, gaz yakıt tüketimi ve yıllık endüstriyel kaynaklı veriler olarak seçilmiştir. Daha sonra geliştirilen modeli Çin'de bulunan Tanshan bölgesi için de uyarlamışlardır.

Dong ve Liang (2014) Çin için gerçekleştirdikleri hava kalitesi çalışmasında SO_2, NO_x, $PM_{2.5}$ ve CO_2 derişimlerini 30 vilayet için değerlendirmişlerdir. Çalışmada verilerin analizi için Lorenz Eğrisi ve Gini katsayıları kullanılmıştır. Çalışma sonucunda emisyon miktarının ülkenin batısından doğusuna doğru artan bir eğilime sahip olduğunu tespit etmişlerdir.

Meraz vd. (2015) gerçekleştirdikleri hava kalitesi değerlendirme çalışmasında Meksika şehrine ait O_3, SO_2, NO_2 ve PM_{10} derişimlerinin istatistiksel sürekliliğini incelemişlerdir. Çalışmada kullanılan veriler 1999-2014 dönemini kapsamaktadır ve çalışma sonucunda uzun dönem sürekliliğin üniform şekilde oluşmadığını tespit etmişlerdir.

Zhang vd. (2015) Çin'e ait üç mega şehir (Beijing, Shangai, Guangzhou) için meteorolojik parametreler ve hava kirleticiler arasındaki ilişkiyi incelemişlerdir. Burada ele alınan meteorolojik parametreler; $PM_{2,5}$, PM_{10}, CO, SO_2, NO_2, O_3, meteorolojik parametreler ise sıcaklık, rüzgâr hızı, rüzgâr yönü ve bağıl nemdir. Bu parametreler Mart 2013- Şubat 2014 dönemini kapsayan 12 aylık dönem için

incelenmiş olup, her üç şehir için de farklı hava kalitesi sorunlarının bulunduğu tespit edilmiştir.

1.2.2. Hava Kirliliğinde Yapay Sinir Ağları Modellemesi Konusunda Literatür Özeti

Yapay sinir ağları metodu kullanılarak hava kalitesini değerlendirme konusunda yapılmış birçok çalışma bulunmaktadır. Literatürdeki konuyla ilgili bazı çalışmalar aşağıda özetlenmiştir.

Hrust vd. (2009) sinir ağları yöntemiyle, optimize edilmiş zamansal ortalama meteorolojik veriler ve saatlik kirletici derişimlerini (NO_2, O_3, CO ve PM_{10}) kullanarak üretilen lineer model ile Hırvatistan için hava kalitesi tahmini yapmıştır.

Baker (2011) lineer olmayan regresyon modelini kullanarak Amerika'da birincil ve ikincil formdaki $PM_{2.5}$ derişimi tahmini gerçekleştirmişlerdir. Gauss dağılım modeli temelli ve ızgara tabanlı Eulerian fotokimyasal taşınım modellerinde yıllık oluşan kirletici oranları (ton) ve kaynak-reseptör arası mesafe uzunlukları girdi olarak kullanılmıştır.

Suarez Sanchez (2011) İspanya'da destek vektör makinaları (SVM) tabanlı regresyon modeli ile kentsel ölçekte hava kalitesi tahmini yapılmıştır. 2006-2008 dönemine ait; NO_x, CO, SO_2, O_3 ve PM_{10} ölçüm verileri kullanılarak SVM tabanlı lineer olmayan bir model geliştirilmiştir Çalışmada birincil ve ikincil kirleticiler arasındaki ilişkiler de incelenmiştir.

Voukantsis (2011) YSA kullanarak Selanik ve Helsinki için günlük $PM_{2.5}$ ve PM_{10} derişimi tahmini gerçekleştirmiştir. Çok katmanlı algılayıcı modeli ile yapılan çalışma sonucunda günlük ortalama PM_{10} derişimini 0.80-0.85 doğrulukla tahmin etmiştir.

Cheng vd. (2012) Kuzey Çin'de geliştirilen bölgesel meteorolojik model (MM5 ve WRF) yardımıyla meteorolojik veriler (sıcaklık, yüzeysel hava basıncı, ve rüzgar hızı) Ocak-Ekim 2006 dönemi verileri kullanılarak hava kalitesi tahmini yapılmıştır. Bu modelin diğer bölgeler de de hava kirletici derişimlerinin tahminlerinde başarılı şekilde kullanılabileceği sonucuna ulaşılmıştır.

Singh (2012) Hindistan'da lineer ve lineer olmayan model ile hava kalitesi tahmini gerçekleştirmiştir. PLSR (Partial Least Squares Regression), MPR (Multivariate Polynomial Regression ve YSA bazlı model ile RSPM (Respirable Suspeded Particulate Matter), SO_2 ve NO_2 ile meteorolojik parametreler (hava sıcaklığı, bağıl nem, rüzgâr hızı) verileri kullanılarak (2005-2009) hava kalitesi tahmini gerçekleştirilmiştir. YSA modelinin hava kalitesi tahminlerinde kullanımına uygun olduğu gözlenmiştir.

Fernando (2012) sinir ağları metodu ile metropoliten alanlarda PM_{10} derişimlerinin tahmininin doğruluğunu araştırmıştır. Çalışma sonucunda sinir ağları metodunun kolay, hızlı sonuç veren ve ekonomik bir tahmin yöntemi olduğu için tercih edilebilir olduğu belirtilmiştir.

Singh vd. (2013) Hindistan'da hava kalitesi parametreleri ve meteorolojik parametreler beş yıllık süreç için üç farklı model ile analiz edilmiştir. Sonuç olarak kentsel hava kirliliğinin yaz ve kış mevsimlerinde devam ettiği bulunmuştur.DTF (Decision Tree Forest) ve DTB (Decision Treeboost) metotlarının SVM' den daha fazla tercih edilebilir olduğu gözlenmiştir.

Russo vd. (2013) YSA metodu ile 1 Ocak 2002-31 Aralık 2006 dönemine ait saatlik NO_2, NO ve CO ölçüm verilerini kullanarak Portekiz için hava kalitesi tahmini yapmışlardır. Rastgele değişkenler modelde girdi verisi olarak kullanılmıştır. Bu çalışmada çok sayıda ölçümle korelasyon yapmak amaçlanmıştır.

Garcia Nieto (2013) Kuzey İspanya'da SVM lineer olmayan dinamik hava kalitesi modeli ile 2006-2008 dönemi NO, NO_2, CO, SO_2, O_3 ve PM_{10} ölçüm sonuçları kullanılarak kentsel ölçekte hava kalitesi tahmini gerçekleştirmiştir.

De Gennero (2013) İspanya'da (Montseny ve Barcelona) trafik yoğunluğu fazla olan iki ayrı kent için YSAile günlük PM_{10} derişimlerinin tahmini yapılmıştır. 24 saatlik ortalama PM_{10} derişimi tahmini için saatlik ortalama PM_{10} derişimi verileri modelde girdi olarak kullanılmıştır. Çalışma sonucunda Montseny (R^2:0.86, SI:0.75) için Barcelona (R^2: 0.73, SI:0.58)'ya göre daha iyi sonuçlar elde edildiği belirtilmiştir.

Antanasijevic (2013) YSA modelini kullanarak yıllık oluşan PM_{10} derişimi ve sürdürülebilir ve ekonomik/endüstriyel parametreler (enerji tüketimi, odun yakma miktarı, motorlu araç oranı, kâğıt ve karton üretim miktarı, ahşap üretim miktarı, bakır üretim oranı, alüminyum üretim miktarı, demir ve çelik üretim miktarı) arasındaki ilişkiyi incelemişlerdir. YSA modeli ile PM_{10} derişimlerinin tahmininin oldukça başarılı olarak kullanılabileceği sonucuna ulaşılmıştır.

Luna vd. (2014) Brazilya'da YSA ve SVM yöntemleri ile ozon derişiminin tahmini gerçekleştirmiştir. R^2 değeri 0.95 ve üzeri olarak bulunmuştur.

Zhou vd. (2014) genel regresyon sinir ağları yöntemi kullanılarak oluşturulan hibrit model ile Çin'de bir gün sonraki $PM_{2.5}$ derişimini tahmini gerçekleştirmişlerdir. EEMD-GRNN (Ensemble Empiricial Mode Decomposition-General Regression Neural Network) kullanılarak yapılan çalışma sonucunda bu yöntemin hızlı olması ve tahmin doğruluk oranı yüksek olduğu belirtilmiştir.

Zhang vd. (2015) Çin'de üç büyük kent için Mart 2013-Şubat 2014 dönemine ait hava kalitesi parametreleri ($PM_{2.5}$, PM_{10}, CO, SO_2, NO_2 ve O_3) ve meteorolojik veriler (rüzgâr hızı, sıcaklık, bağıl nem) arasındaki ilişki Sigma Plot kullanılarak Sperman-Rankkorelasyon analizi yöntemi ile analiz edilmiştir.

Feng (2015) Çin'de günlük ortalama $PM_{2.5}$ derişiminin tahmini için YSAmetodu kullanılmıştır. 13 farklı hava kalitesi izleme istasyonundan elde edilen ölçüm sonuçları (Eylül 2013-Ekim 2014) ile rüzgâr hızı/yönü verileri kullanılarak hava kalitesi tahmini yapılmıştır. Bu yöntemin diğer ülkeler de de başarılı olarak kullanılabileceği sonucuna ulaşılmıştır.

Ruso (2015) Portekiz için lineer ve lineer olmayan sinir ağları yöntemi kullanılarak PM_{10} derişimi tahmini yapılmıştır. 2002-2006 dönemine ait temel kirleticilerin (NO_2, NO ve CO) ölçüm verileri ile PM_{10} derişimleri arasındaki ilişkiyi incelemiştir.

Wang vd. (2015) PM_{10} ve SO_2 verileri kullanılarak YSA/SVM modelleri ile Çin'de hava kalitesi tahmini yapılmıştır. Sonuç olarak kullanılan birleşik (hybrid) modelin hava kalitesi tahminlerinde kullanımı umut verici bulunmuştur.

Donnelly vd. (2015) parametrik ve parametrik olmayan regresyon teknikleri (Kernel Regresyon) kullanılarak gerçek zamanlı hava kalitesi tahmini yapılmıştır. NO_2 verileri ve meteorolojik faktörler (mevsimsel ve günlük) ile çoklu lineer regresyon yöntemi kullanılarak hava kalitesi tahmini yapılmıştır. R değerleri 0.62 ve 0.79 arasında bulunmuştur.

Bai vd. (2016) Çin'de Back Propagation Neural Network modeli ile günlük hava kirletici derişimi ($PM_{10,}$ SO_2 ve NO_2) tahmini yapılmıştır. Korelasyon analizine dayalı olarak geliştirilen modelde kirletici derişimlerive meteorolojik veriler girdi olarak kullanılmıştır.

Yin (2016) Çin'in hava kirliliği ile anılan başkentinde (Pekin) 2008-2014 dönemi için $PM_{2.5}$ ve PM_{10} derişimleriile meteorolojik parametreler arasındaki ilişki Sperman korelasyon analizi ve MNLR modeli ile analiz edilmiştir. Sonuç olarak günlük maksimum rüzgâr hızı ve PM derişimleri arasında basit pozitif veya negatif ilişki değil; U-şeklinde bir ilişki bulunmuştur.

Biancofiore vd. (2017) üç farklı model (çoklu lineer regresyon modeli, yinelemeli ve yinelemeli olmayan sinir ağları metodu) kullanarak PM_{10} derişimi tahmini gerçekleştirmiştir. Ölçülmüş PM_{10} verileri ve meteorolojik veriler kullanılarak bir-üç günlük PM_{10} derişimi tahmini yapılmıştır. Çalışma sonucunda yinelemeli sinir ağları modelinin diğer iki modelden daha çok tercih edilebilir olduğu gözlenmiştir.

Lv vd. (2016) Çin'in üç büyük kentinde günlük $PM_{2.5}$ ve ozonderişimi tahmini için empirik regresyon modeli ile bir sonraki gün için hava kalitesi tahmini yapılmıştır. Hibrid-lineer olmayan model kullanılmış, Çalışma sonucunda tahmin doğrulaması için meteorolojik faktörlerin gerekli olduğu belirtilmiştir.

Ni vd. (2017) Çin'de kısa dönemli $PM_{2.5}$ derişimi tahmini ve anlamlılık analizi için bir $PM_{2.5}$ derişimi ve fiziksel veriler (bölgesel ortalama yağış miktarı, günlük sıcaklık, ortalama bağıl nem, ortalama rüzgar hızı, maksimum rüzgâr hızı ve CO, NO_2, SO_2, PM_{10} ve mikroblog veriler kullanılarak çok değişkenli istatistiksel analiz metodu uygulanmıştır. Çalışma sonucunda; ortalama rüzgâr hızı ile CO, NO_2, SO_2, PM_{10} derişimlerinin ilişkili olduğu belirtilmiştir.

Kelly vd. (2017) fotokimyasal grid modeli kullanılarak Amerika için bir gün sonraki $PM_{2.5}$ derişimi tahmini gerçekleştirmiştir.

Zhou vd. (2017) Doğu Çin'de 100'den fazla şehir için 2014-2015 dönemi süresince RAEMS (Regional Atmospheric Environmental Modeling System) ile hava kalitesi tahmini gerçekleştirilmiştir. Modelde $PM_{2.5}$ ve O_3 derişimleri kullanılmıştır ve bu modelin PM_{10}, NO_2, SO_2 ve CO derişimlerinin tahmini için de kullanılmasının uygun olacağı gözlenmiştir.

Wang vd. (2017) Çin'de $PM_{2.5}$ derişimi tahmini yapmak için güncel ARIMA (Auto Regressive Integrated Moving Average) ve SVM (Support Vector Machine) temelli hybrid-Garch (Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity) modeli ile hava kalitesi tahmini yapmışlardır. 10 gün, altı istasyondan alınan saatlik $PM_{2.5}$ derişim ölçümleri modele girdi verisi olarak sunulmuştur. Model sonuçlarının doğruluk oranının yüksek olduğu bulunmuştur.

1.2.3. Değerlendirme ve Literatürdeki Boşluk

Hava kirliliği dünyada ve ülkemizde hala önemli bir çevresel sorun olarak karşımıza çıkmaktadır. Ülkemizde bazışehirler için hava kalitesi değerlendirmesi ile ilgili çalışmalar yapılmış olmasına rağmen, Kahramanmaraş ilinde konuyla ilgili henüz kapsamlı bir çalışma bulunmamaktadır. Kahramanmaraş ilinde yakın tarihe kadar özellikle ısınmadan kaynaklı hava kirliliğinin neden olduğu sorun önemli boyutlara ulaşmıştır (Garipağaoğlu, 2006; Çakır-Sümer,2014). Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından hazırlanan Türkiye Çevre Sorunları ve Öncelikleri Değerlendirme Raporu'na göre de Kahramanmaraş'ın öncelikli çevre sorununun hava kirliliği olduğu belirtilmektedir (Hava Kirliliği Raporu, Aralık-2017) Ayrıca Çevre Mühendisleri Odası'nca hazırlanan Hava Kirliliği Raporu'na göre (PM_{10} verilerince) Türkiye'nin havası en kirli illeri arasında Kahramanmaraş da bulunmaktadır (TMMMOB, 2017). Bu nedenle tez çalışması literatürdebu konudaki boşluğu doldurması açısından önem arz etmektedir.

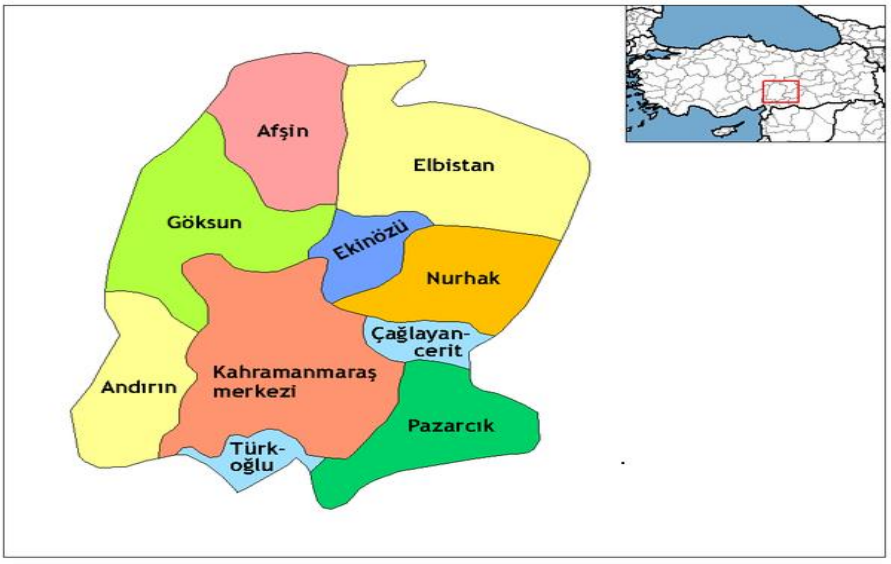
2. BÖLÜM

GEREÇ VE YÖNTEM

2.1.Çalışma Alanının Tanıtımı

Bu tez çalışması Kahramanmaraş İli'nde yürütülmüştür. Aşağıda il hakkında bazı bilgiler sunulmaktadır.

İl, Akdeniz Bölgesi Adana Bölümünün kuzeyinde yer almaktadır. Akdeniz Bölgesi ile Doğu ve Güneydoğu Anadolu Bölgeleri'nin birbirine en çok yaklaştığı kavşak noktasında bulunmaktadır. Kahramanmaraş'ın Türkiye üzerindeki konumu ve ilçeleri Şekil 2.1'de görülmektedir.



Şekil 2.1. Kahramanmaraş il haritası

Kahramanmaraş, kuzeyden Sivas, kuzeydoğudan Malatya, doğudan Adıyaman, güneyden Gaziantep, batıdan Adana ve Osmaniye, kuzeybatıdan Kayseri ile çevrilidir. Kahramanmaraş 14.346 km²'lik yüzölçümü ile Türkiye'nin 11. büyük vilâyeti durumundadır. 37-38 kuzey paralelleri ile 36-37 doğu meridyenleri

arasında yer almaktadır. Kent merkezi deniz seviyesinden 568 m. yüksekliktedir. İlin büyük bir bölümü dağlıktır. Yeryüzü şekilleri genellikle Güneydoğu Toroslar'ın uzantıları olan dağlarla bunlar arasında kalan çöküntü alanlarından oluşmaktadır. Üç ayrı coğrafi bölgenin (Akdeniz Bölgesi, Doğu Anadolu Bölgesi, Güneydoğu Anadolu Bölgesi) birbirine en çok yaklaştığı alanda yer alan Kahramanmaraş'ta genel olarak Akdeniz iklimi görülmektedir. Coğrafi konumu ve diğer faktörlerinde etkisi ile üç farklı iklim tipi arasında Bozulmuş Akdeniz İklimine daha yakın bir iklim özelliği görülmektedir. Kahramanmaraş merkezde görülen iklimin aksine kuzeye doğru gidildikçe yükseltiye bağlı olarak tamamen karasal iklim özellikleri görülmektedir (ÇŞB, 2014).

Nüfusu ele alınacak olursa kente ait demografik bilgilere bakılarak nüfusun yıllara göre artış gösterdiğini görmek mümkündür. Bu artışın yıllara göre dağılımı aşağıda gösterilmektedir (Tablo 2.1). 2007 yılında kent nüfusunun 1000000'u aştığı ve her yıl artarak 2015 yılında 1096610'a ulaştığı TUİK verilende mevcuttur.

Tablo 2.1. Yıllara göre Kahramanmaraş ili nüfus bilgileri (TUİK, 2015)

2000	937 074
2001	947 317
2002	956 417
2003	965 268
2004	974 592
2005	984 254
2006	994 126
2007	1 004 414
2008	1 029 298
2009	1 037 491
2010	1 044 816
2011	1 054 210
2012	1 063 174
2013	1 075 706
2014	1 089 038
2015	1 096 610

Kahramanmaraş çevre değerleri açısından oldukça zengindir. Kentin topraklarının büyük kısmı Akdeniz bölgesinde yer almasına rağmen, kuzey kesiminde Doğu Anadolu Bölgesi, güneyinde ise Güneydoğu Anadolu Bölgesi iklim ve coğrafya

şartları geçerlidir. Üç bölgenin özelliklerini taşıması çevre açısından oldukça güzellikler ve zengin değerler sağlamaktadır (ÇŞB, 2014).

2.2. Gereç ve Yöntem

Bu tez çalışması kapsamında Kahramanmaraş hava kalitesini incelemek için üç değişik tür analiz yapılmıştır. Hava kalitesinde gerçekleşen değişimler istatistiksel analizlerle belirlenmiştir. Emisyon envanteri ile kirletici kaynakları incelenmiştir. Yapay sinir ağları kullanılarak hava kirliliği düzeyleri ve meteorolojik faktörler arasındaki ilişkiler modellenmiştir.

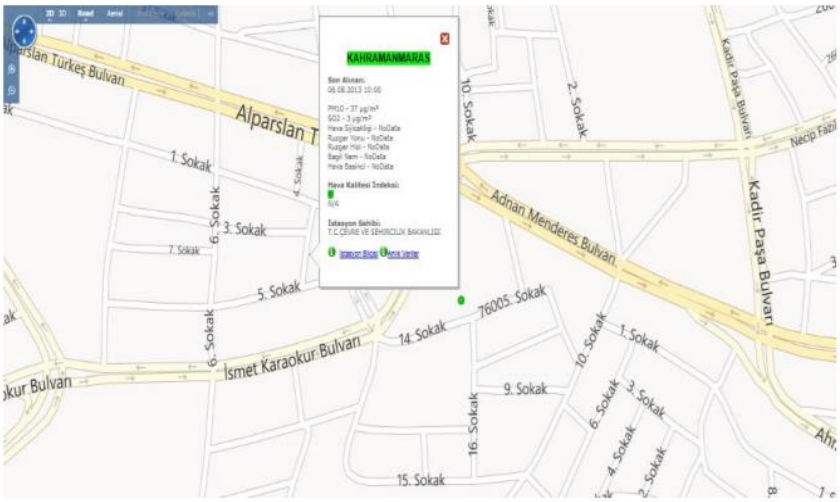
2.2.1. İstatistiksel Analizler

İstatistiksel veri analizleri için kullanılacak SO_2 ve PM verileri temin edilmiş ve veriler üzerinde bazı ön analizler yapılmıştır. SO_2 ve PM verilerini içeren hava kalitesi verileri, iller bazında oluşturulan yerel istasyonlar vasıtasıyla periyodik yapılan ölçümlerin sonuçlarından oluşmaktadır. Kahramanmaraş kent merkezinde 1 adet hava kalitesi izleme istasyonu bulunmaktadır (Şekil 2.2). 2005 yılında Kahramanmaraş Valiliği bahçesine kurularak 2006 yılından itibaren hava kalitesi ölçümü yapılan Merkezi Hava Kalitesi İzleme istasyonu, şehrin ana arteri olan Trabzon caddesine yakınlığı, dolmuş ve otobüs duraklarının hemen yanında olması sebebiyle kent Merkezinin hava kalitesini karakterize etmediği düşünüldüğünden, 2009 yılı sonunda mülga Çevre ve Orman İl Müdürlüğü imkânları ile Necip Fazıl Kısakürek Kültür Merkezi bahçesine taşınmıştır. İstasyon konum itibarı ile konutların ve kentsel yaşam alanlarının (kültür merkezleri, okullar, park ve bahçeler, eğlence merkezleri vs.) yoğun olduğu kentin ana arterlerinden biri olan Adnan Menderes Bulvarına 130 m, Alparslan Türkeş Bulvarına 200 m mesafede 8000 m² si kapalı olmak üzere toplamda 25000 m² yerleşim alanına sahip Necip Fazıl Kısakürek Kültür Merkezi bahçesinde açık alanda bulunmaktadır (Koordinatları; X: 37° 35’ 05,75” ve Y: 36°53’54,56”) (ÇŞB, 2014).



Şekil 2.2. Merkez hava kalitesi izleme istasyonu

1990-2015 dönemi için hava kalitesi verileri Türkiye İstatistik Kurumu web sayfasından (www.tuik.gov.tr) temin edilmiştir. 2010'dan günümüze kadar olan dönem için hava kalitesi verileri ise www.havaizleme.gov.tr web sayfasından temin edilmiştir. Veriler aylık ortalamalar olacak şekilde düzenlenmiştir. Serilerde bazı eksik veriler bulunmaktadır. Ham verileri korumak amacıyla eksik veriler tamamlanmamıştır. 2001-2004 yıllarına ait dönemine ait ölçüm sonuçlarının sistemde bulunmaması nedeniyle bu döneme ait veri elde edilememiş; bu veriler çalışmada tamamlanmamıştır. Kahramanmaraş il merkezi için yayınlanan ölçüm değerleri tek istasyondan elde edilmiş değerlerden oluşmaktadır. Kahramanmaraş ilinin Türkiye içindeki konumu ve hava kalitesi verilerinin alındığı istasyonların yerleri Şekil 2.3 üzerinde gösterilmektedir.



Şekil 2.3. Kahramanmaraş ili kent merkezinde yer alan hava kalitesi ölçüm istasyonunun yeri (www.maps.google.com)

İstatistiksel analiz değerlendirmesi sonrasında kentsel ölçekte emisyon envanterleme çalışması gerçekleştirilmiştir.

2.2.2. Emisyon Envanterinin Oluşturulması

Bir bölgede hava kirlenmesine neden olan kaynaklardan atmosfere birim zamanda salınan kirletici madde miktarının belirlenmesi emisyon envanteri olarak tanımlanmaktadır. Emisyon envanterinin amacı, hava kirletici kaynaklarının belirlenmesi ve bu kaynaklardan havaya verilen kirletici miktarlarının tespit edilmesidir. Bunun yanında, emisyon envanterleri ile emisyon miktarlarındaki zamana bağlı değişimlerin takip edilmesi mümkün olmaktadır. Bu çalışmada Kahramanmaraş için ısınma, sanayi ve trafik kaynaklı emisyon envanterlemesi yapılmıştır. Detaylı bilgiler ilgili bölümde verilmiştir.

2.2.3. Yapay Sinir Ağları ile Modelleme

Çalışmada son olarak Kahramanmaraş ili için hava kirletici parametrelerin (PM ve SO_2) meteorolojik parametrelerle ilişkisi yapay sinir ağları (YSA) yaklaşımı kullanılarak analiz edilmiş ve modellenmiştir.

Bu analizlerde Microsoft Office Excel ve IBM SPSS Statistics programları kullanılmıştır. YSA kullanılarak oluşturulan farklı konfigürasyonlardan en iyi kirletici derişimini veren mimariye sahip olanın belirlenmesi amaçlanmıştır. Detaylı bilgi ilgili bölümde verilmiştir.

3. BÖLÜM

HAVA KALİTESİ DEĞERLERİNİN İSTATİSTİKSEL ANALİZİ

3.1. Giriş

Çalışmanın bu bölümünde Kahramanmaraş il merkezine ait kesitsel hava kalitesi analizi gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla 1990-2015 dönemine ait ölçülmüş SO_2 ve PM verileri temin edilmiş ve veriler üzerinde istatistiksel analiz çalışmaları yapılmıştır.

3.2. Gereç ve Yöntem

1990-2010 dönemi için hava kalitesi verileri Türkiye İstatistik Kurumu web sayfasından (www.tuik.gov.tr) temin edilmiştir. 2010'dan günümüze kadar olan dönem için hava kalitesi verileri ise Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'na ait www.havaizleme.gov.tr web sayfasından temin edilmiştir. Veriler aylık ortalamalar olacak şekilde düzenlenmiştir. Çalışmada Microsoft Excel veri tabanı kullanılmıştır. Serilerde bazı eksik veriler bulunmaktadır. Ham verileri korumak amacıyla eksik veriler tamamlanmamıştır.

Çalışmanın ilk bölümünde 1990-2015 yıllarına ait yıllık, ısınma sezonu (Ekim-Mart) ve aylık ortalama SO_2 ve PM değerleri ortalama, standart sapma, minimum, ve maksimum gibi istatistiksel parametreler hesaplanarak değerlendirilmiştir. Elde edilen istatistiksel parametreler aylara, mevsimlere ve yıllara göre karşılaştırılmıştır.

Kahramanmaraş il merkezinde 1990-2015 yılları için aylık ölçüm değerleri kullanılarak, yıllık, ısınma sezonu ve aylık ortalama SO_2 ve PM değerlerinde görülen eğilimler Lineer Regresyon yöntemi kullanılarak hesaplanmıştır. 1990-2015 dönemi için SO_2 ve PM düzeylerindeki değişimleri belirlemek için Mann-

Kendall Eğilim Testikullanılmıştır (Kendall, 1975). Eğilim analizleri aylık, ısınma sezonu, ve yıllık veriler üzerinde uygulanmıştır.

Mann-Kendall eğilim testi (Mann,1945) parametrik olmayan bir testtir. Testinin ilk aşamasında eğilim istatistiği olan S, Formül 3.1'de gösterildiği şekilde belirlenir. Formül 3.1'de, x verileri, n ise veri serisinin uzunluğunu göstermektedir.

Formül 3.1'de yer alan sgn fonksiyonu Formül 3.2'deki gibi tanımlanır.

$$S = \sum_{i=j}^{n-1} \sum_{j=i+1}^{n} \operatorname{sgn}(x_j - x_i) \quad (3.1)$$

$$sgn(\theta) = \begin{cases} 1, & \theta < 0 \\ 0, & \theta \geq 0 \end{cases} \quad (3.2)$$

S istatistiği, n>0 durumunda normal dağılım gösterir. S istatistiğinin ortalama (μ) ve varyansı (σ) ise Formül 3.3 ve 3.4'deki gibi hesaplanır.

$$\mu = 0 \quad (3.3)$$

$$\sigma = \frac{n(n-1)(2n+1)}{18} \quad (3.4)$$

Standart normal değişken değeri, Z, Formül 3.5 kullanılarak hesaplanabilir. Bu çalışmada Z'nin istatistiksel anlamlılığı 0.001 ve 0.01 düzeylerinde incelenmiştir.

$$z = \begin{cases} \frac{s-1}{\sqrt{\sigma}} \\ 0 \\ \frac{s+1}{\sqrt{\sigma}} \end{cases} \quad (3.5)$$

Değişkenlerdeki eğilimlerin büyüklüğü Formül 3.6 kullanılarak tespit edilmiştir (Sen, 1968). Formül 3.6'da, N veri çiftlerinin sayısını, *xj* ve *xk* ise sırasıyla *j* ve *k* zamanlarındaki (*j*, *k*'den büyük olmak üzere)veri değerlerini göstermektedir.

$$Q_i = \frac{x_j - x_i}{j-k} \quad i = 1' \text{den } N' \text{ekadar} \quad (3.6)$$

Lineer regresyon analizinde ise bağımlı değişken (y) ve bağımsız değişken (x) olarak adlandırılan iki değişken arasındaki y=ax+b şeklindeki ilişki belirlenir. y=ax+b eşitliği bir doğrunun denklemi niteliğinde olup, eşitlikte yer alan a doğrunun eğimini (diğer bir ifadeyle eğilimi), b ise doğrunun y eksenini kestiği

noktayı ifade eder. Aylık, ısınma sezonu ortalama, ve yıllık ortalama veriler üzerinde yapılan lineer regresyon analizlerinde SO_2 veya PM değerleri y değişkenini, yıllar itibariyle zaman ise x değişkenini ifade etmiştir. Elde edilen eğilim değerlerinin istatistiksel anlamlılığı t-testi kullanılarak 0.001 ve 0.01 düzeylerinde değerlendirilmiştir.

1990-2015 dönemine ait ölçüm verileri ilgili yönetmeliklerce belirlenen sınır değerlerle karşılaştırılmıştır. Aylık, ısınma sezonu (Ekim-Mart) ve yıllık ortalama SO_2 ve PM değerleri için 1990-2010 dönemi verileri Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği, 2010-2015 yıllarına ait veriler ise bu dönemde geçerli olan Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği (HKDYY, 1986)'nde verilen sınır değerlerle, Avrupa Konseyi (EC)'nin 1999/30/EC no'lu direktifinde belirlenen sınır değerlerle ve Dünya Sağlık Örgütü (WHO) tarafından belirlenmiş sınır değerlerle karşılaştırılmıştır. Değerlendirmede kullanılan sınır değerler yıllık ortalama ve ısınma sezonu ortalama (HKKY'de ifade edildiği şekilde "kış sezonu ortalama") uzun vadeli sınır değerleri (UVS) ve yıllık ortalama ve ısınma sezonu ortalama hedef sınır değerleridir. UVS değerleri ölçülen değerlerin ortalaması olan ve aşılmaması gereken sınır değeri ifade etmektedir. Hedef sınır değerler ise hava kalitesi sınır değerlerini zaman içinde daha sıkı sınırlara çekerek daha temiz hava kalitelerine ulaşmak için hedeflenen değerleri ifade etmektedir.

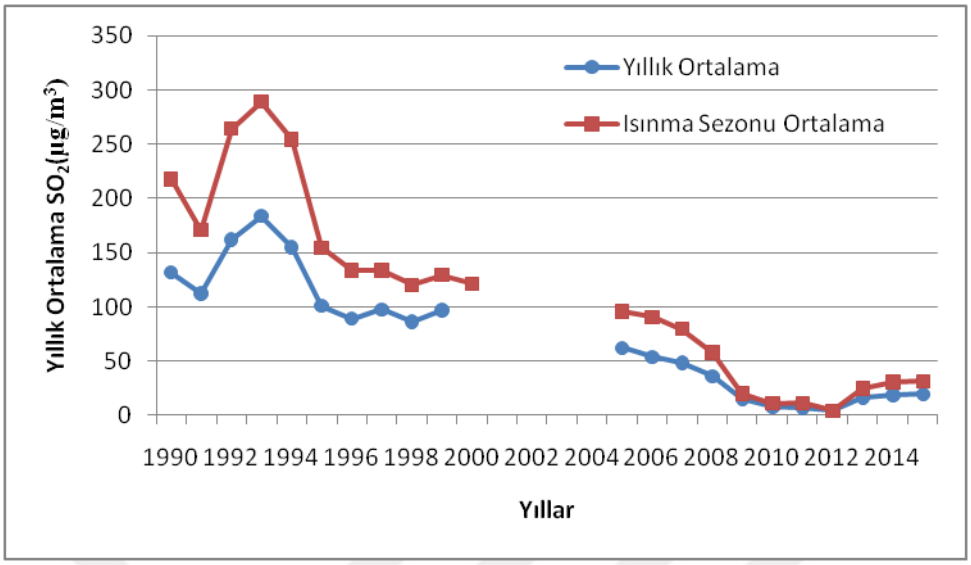
Çalışmanın son bölümünde SO_2 ve PM değerlerinde görülen değişimlerin meteorolojik faktörler ve doğalgaz kullanımı ile ilişkisi incelenmiştir. Çalışmada kullanılan meteorolojik parametreler aylık ortalama sıcaklık, aylık ortalama nem, aylık ortalama rüzgâr hızı ve aylık toplam yağıştır. Meteorolojik veriler Kahramanmaraş'ta yer alan ve Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü tarafından işletilen 17255 no'lu büyük klima istasyonundan elde edilmiştir. Meteorolojik faktörlerle ilişkiler korelasyon katsayısının hesaplanmasıyla bulunmuştur. Korelasyon katsayısı -1 ve +1 arası değerler almaktadır. Mutlak olarak büyük değerler güçlü ilişkiyi, küçük değerler ise zayıf ilişkiyi ifade etmektedir. Katsayının pozitif veya negatif olması ilişkinin yönünü tayin etmektedir.

3.3. Bulgular

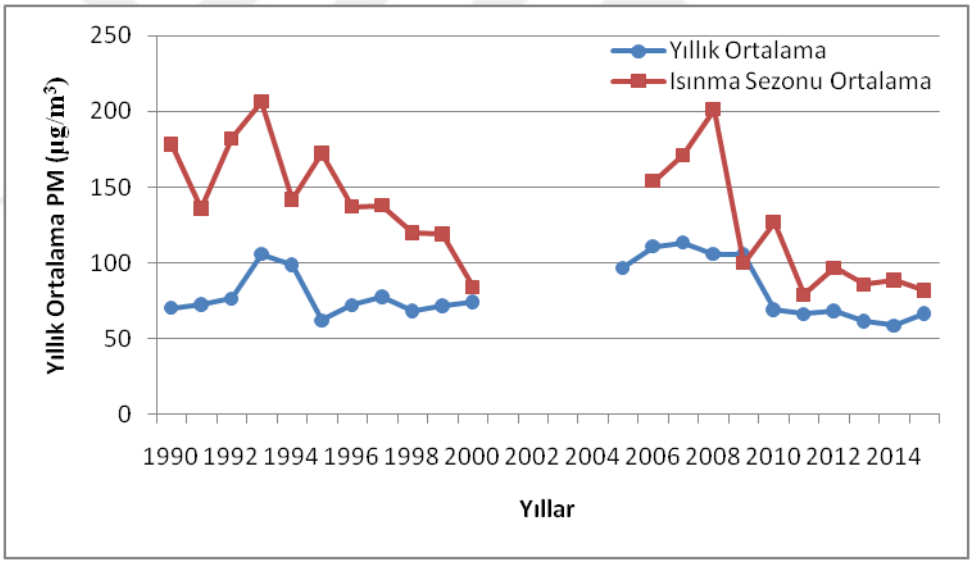
1990-2015 dönemine ait ölçülmüş veriler ile elde edilen yıllık ortalama SO_2 ve PM değerleri Şekil 3.1 ve Şekil 3.2'de görülmektedir. Tablo 3.1'de ise aylık ve yıllık ortalama değerlerin istatistiksel özelliklerine yer verilmektedir.

Yirmi beş yıl (1990-2015) için yıllık ortalama SO_2 düzeyi 72 μg/m³ olarak gerçekleşmiştir. Yıllık SO_2 değeri 5-184 μg/m³ arasında değişmiş ve standart sapması 56 μg/m³ olarak gerçekleşmiştir. Minimum ortalama değer 2012 yılında (5 μg/m³), maksimum ortalama değer ise 1993 yılında (184 μg/m³) gerçekleşmiştir. 1990-2015 dönemi için ortalama PM düzeyi 80 μg/m³ olarak tespit edilmiştir. Yıllık ortalama PM değeri 59-113 μg/m³ arasında değişmiş ve standart sapması 18 μg/m³ olarak gerçekleşmiştir. Minimum değer 2012 yılında (59 μg/m³), maksimum değer 2007 yılında (113 μg/m³) gerçekleşmiştir.

Isınma sezonu (Ekim-Mart) için ortalama SO_2 düzeyi 112 μg/m³'tür. SO_2 düzeyi 5-289 μg/m³ aralığında değişmiş (maksimum değer 1993 yılında, minimum değer 2012 yılında gerçekleşmiştir) ve yirmi beş yıl için standart sapma 56 μg/m³ olarak bulunmuştur. Isınma sezonu için en yüksek PM derişimi206 μg/m³ ile 1993 yılında, en düşük derişimise 79 μg/m³ ile 2011 yılında gerçekleşmiştir. Isınma sezonu ortalama PM değeri 133 μg/m³'tür (standart sapma 41 μg/m³). Yıllık ve ısınma sezonuna ait verilerin istatistiksel analizleri, SO_2'in hem yıllık hem de ısınma sezonu bazında 1990-2015 döneminde PM'ye nispeten daha değişken olduğunu göstermiştir. Isınma sezonu için SO_2'deki değişkenlik özellikle daha fazladır. Buna karşın yıllık ve ısınma sezonu ortalama PM düzeyleri 1990-2015 döneminde daha az değişkendir.



Şekil 3.1. 1990-2015 dönemi için yıllık ortalama ve ısınma sezonu ortalama SO_2 değerleri



Şekil 3.2.1990-2015 dönemi için yıllık ortalama ve ısınma sezonu ortalama PM değerleri

1990-2015 dönemi için yıllara göre PM derişimi değişiminde SO_2 derişiminde olduğu gibi 1992, 1993, 1994 yıllarında diğer yıllara oranla bir artış olduğu gözlenmektedir (Şekil 3.2). Yine SO_2 derişiminde olduğu gibi PM derişimi ölçüm sonuçlarında da 2007 yılında sadece Ekim, Kasım, Aralık aylarına ait değerler mevcut olduğundan, bu yıl için ortalama PM değerinin diğer yıllara oranla yüksek olduğu görülmektedir. 2010 yılından itibaren PM derişiminde düşüş olduğu görülmekte ve bu durumun nedenleri arasında 2009 yılında gerçekleşen istasyon yerinin değiştirilmesinin olduğu düşünülmektedir.

Tablo 3.1. 1990-2015 dönemi için aylık, ısınma sezonu ortalama ve yıllık ortalama SO_2 ve PM değerlerinin istatistiksel özellikleri (Ort: ortalama, SS: standart sapma, Maks: maksimum, Min: minimum)

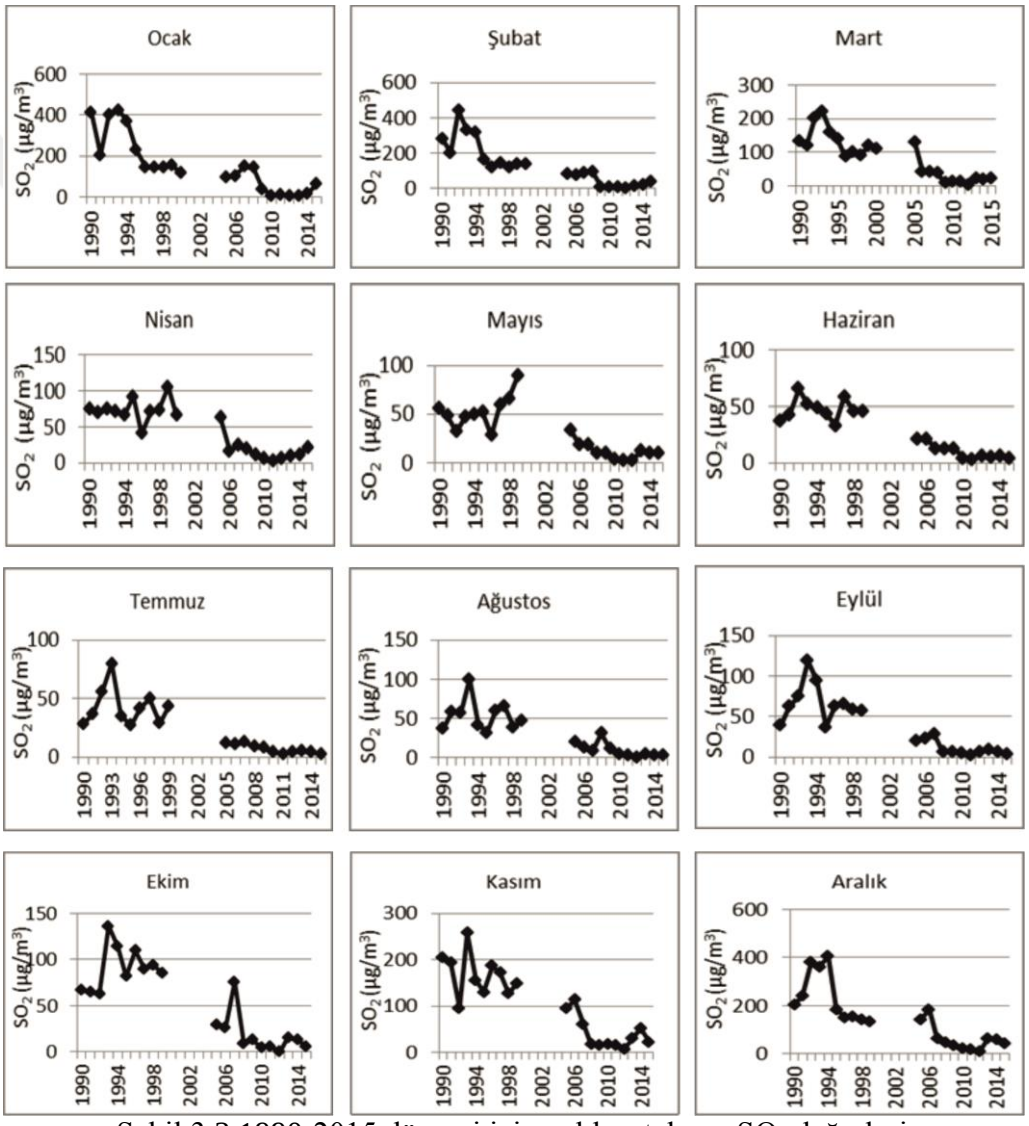
Aylar	SO_2 Ort. ($\mu g/m^3$)	SO_2 SS ($\mu g/m^3$)	SO_2 Min ($\mu g/m^3$)	SO_2 Maks ($\mu g/m^3$)	PM Ort. ($\mu g/m^3$)	PM SS ($\mu g/m^3$)	PM Min ($\mu g/m^3$)	PM Maks ($\mu g/m^3$)
Ocak	154	137	4	426	133	47	69	219
Şubat	130	120	5	442	113	40	57	177
Mart	84	65	5	221	86	31	49	154
Nisan	46	33	2	106	58	24	26	114
Mayıs	31	25	2	89	48	24	18	131
Haziran	28	21	3	66	44	20	14	92
Temmuz	24	22	3	80	40	18	13	68
Ağustos	30	27	0	100	52	21	19	98
Eylül	38	34	3	119	60	31	20	149
Ekim	53	43	0	136	69	23	42	138
Kasım	101	76	7	258	120	39	46	181
Aralık	145	120	8	404	137	38	82	206
Isınma Sezonu Ortalama	111	94	5	315	110	34	58	179
Yıllık Ortalama	72	60	4	204	80	30	38	144

SO_2 ve PM değerlerinin aylar itibariyle değişimleri 1990-2015 dönemi için ortalama aylık değerler hesaplanarak ifade edilmiştir (Şekil 3.3, Şekil 3.4, Tablo 3.1). 1990-2015 döneminde en yüksek ortalama aylık SO_2 değeri, Ocak ayında (154 $\mu g/m^3$) gerçekleşmiştir. Şubat ve Aralık aylarında da buna yakın derişimlerde olduğu görülmüştür (130 $\mu g/m^3$ ve 145 $\mu g/m^3$). En düşük ortalama aylık SO_2 değeri ise Temmuz ayında (24 $\mu g/m^3$) gerçekleşmiştir. En düşük derişimlerin ise yaz aylarında gözlenmesi SO_2 derişiminin ısınma amaçlı kullanılan yakıtlardan kaynaklandığını göstermektedir.

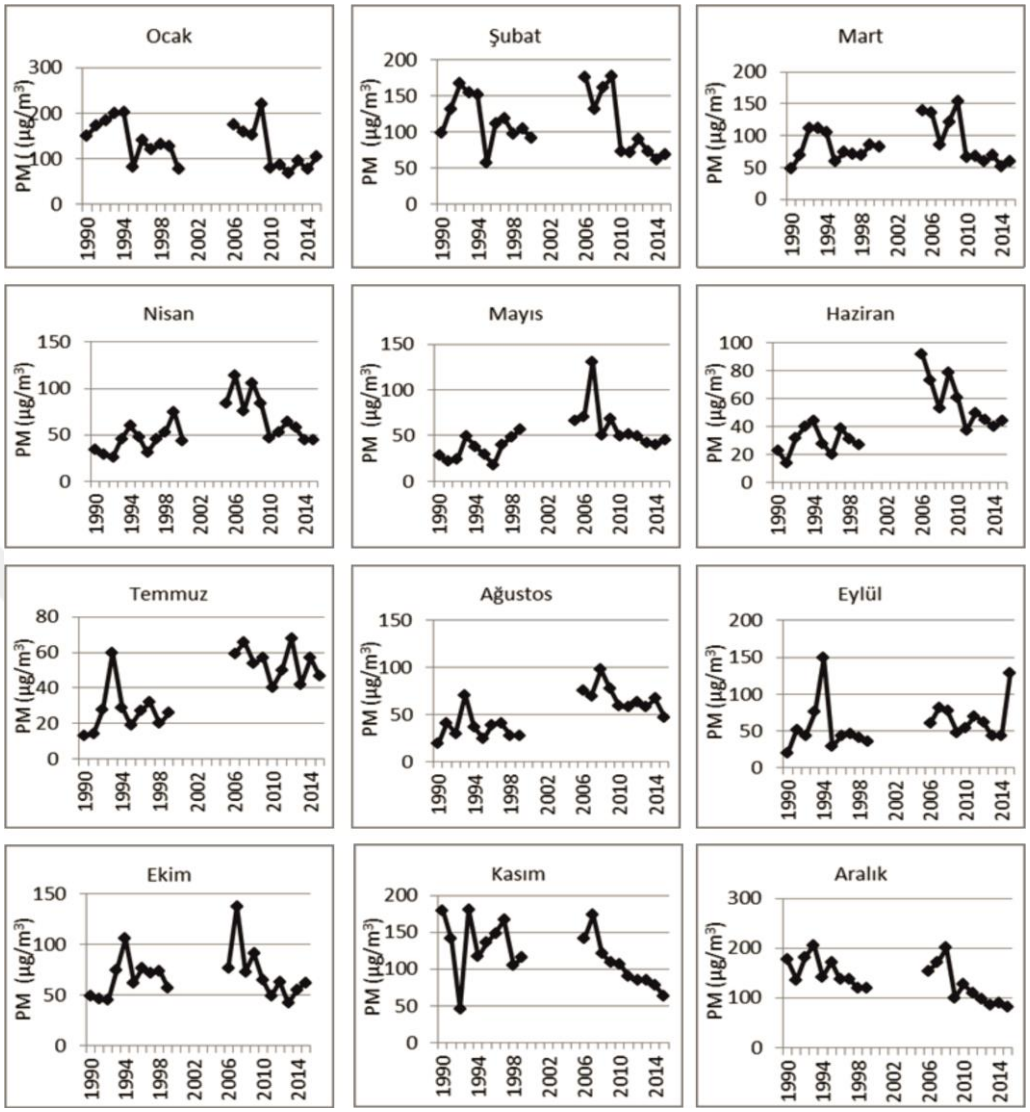
PM derişimi ortalamasının da yine en yüksek değerlere kış aylarında ulaştığı görülmüştür. Aralık ayında 137 $\mu g/m^3$ve Ocak ayında 133 $\mu g/m^3$ ile en yüksek değerler gözlenirken, Temmuz ve Ağustos aylarında en düşük değerler (44 $\mu g/m^3$ ve 40 $\mu g/m^3$) gözlenmiştir.

Ocak, Şubat ve Aralık ayları aynı zamanda yirmi beş yıllık periyotta SO_2 değerlerinin en çok değişim gösterdiği aylar olmuştur (standart sapma Şubat ve

Aralık aylarında 120 µg/m³, Ocak ayında 137 µg/m³). Kış aylarında SO_2 düzeylerindeki artış yakıt kaynaklı hava kirliliğinin önemine işaret etmektedir. 1990-2015 dönemi için ortalama aylık PM değeri Aralık ayında en yüksek (137 µg/m³), Temmuz ayında ise en düşük (40 µg/m³) olarak gerçekleşmiştir. Ocak ve Şubat ayları aynı zamanda yirmi beş yıllık dönemde PM değerlerinin en çok değişim gösterdiği aylar olmuştur (Standart sapma Ocak için 47 µg/m³; Şubat için 40 µg/m³).



Şekil 3.3.1990-2015 dönemi için aylık ortalama SO_2 değerleri



Şekil 3.4. 1990-2015 dönemi için aylık ortalama PM değerleri

3.3.1. Sınır Değerlerle Karşılaştırma

Yıllık aritmetik ortalama sonuçları kullanılarak HKKY, HKDYY, EC ve WHO tarafından belirlenmiş sınır değerlerle karşılaştırmalar yapılmıştır. 2010 yılına kadarki karşılaştırmalarda HKKY dikkate alınırken, 2010 yılı ve sonrası için yeni yönetmelik olan HKDYY'de bulunan yıllar itibariyle sınır değerler dikkate alınmıştır. 1990-2015 arası yıllık ortalama SO_2 değerleri incelendiğinde HKKY UVS değerinin (150 µg/m³) 1992-1994 döneminde aşıldığı (sırasıyla; 162 µg/m³, 184 µg/m³ ve 155 µg/m³), ancak EC için UVS değeri olan 20 µg/m³'ün 2009-20015 dönemi haricinde ve WHO için UVS değeri olan 50 µg/m³'ün 2007 ve 2008 yılları haricindeki yılların hepsinde aşıldığı görülmektedir. Benzer şekilde HKKY'nde 2009 ve öncesi yıllar için belirlenen yıllık ortalama hedef sınır değeri olarak

belirlenen 60 µg/m³'ün 2006 yılına kadar tüm yıllarda aşıldığı saptanmıştır. 2006-2010 yılları süresince aşılmadığı gözlenmiştir. Ayrıca HKDYY'de 2010 yılı itibariyle yıllık olarak azalan PM sınır değerlerinin 2010-2015 yılları süresince bu parametre için aşılmadığı görülmüştür.

1990-2015 dönemi aylık ortalama SO_2 değerleri incelendiğinde 150 µg/m³ olan UVS değerinin özellikle Kasım, Aralık, ve Ocak aylarında aşılmıştır. EC için UVS değeri olan 20 µg/m³ değerinin 2009, 2010, 2011, 2012 yılları haricinde her yıl aşıldığı ve WHO için UVS değerleri olan 50 µg/m³'ün ısınma sezonu olarak nitelendirilen Ekim-Mart aylarında son birkaç yıl (2013, 2014 ve 2015) haricinde her yıl aşıldığı tespit edilmiştir. Ayrıca HKDYY'nde 2010 yılı itibariyle yıllık olarak azalan SO_2 sınır değerlerinin 2010-2015 yılları süresince bu parametre için aşılmadığı fakat genelde sınır değerlere yaklaşık derişimlerde olduğu görülmüştür.

Yaz sezonu olarak nitelendirilebilecek Nisan-Eylül aylarında ise SO_2 derişimleri nispeten daha düşüktür, ancak buna rağmen SO_2 değerleri EC için UVS değeri olan 20 µg/m³ çoğunlukla üstündedir.

SO_2 değerinin kış aylarında yüksek olması ısınma amaçlı yakıt kullanımına paralel olarak SO_2 derişimlerinin arttığını göstermektedir. Bu durumu ısınma sezonu ortalama değerlerinde de görmek mümkündür. 1990-2015 yılları arasındaki ısınma sezonu ortalama verileri incelendiğinde SO_2'nin 1990-2009 dönemi ısınma sezonu UVS değeri olan 250 µg/m³'ün aşılmadığı ancak ısınma sezonu sınır değeri olan 120µg/m³'ün 2005-2009 arasındaki tüm yıllarda aşıldığı görülmektedir. Özellikle 1992 yılında 264 µg/m³, 1993 yılında 289 µg/m³ gibi sınır değerin çok üstünde seyreden SO_2derişiminin 2010-2012 yıllarında ciddi oranda düşüş göstermesi (sırasıyla 11 µg/m³, 12 µg/m³ ve 5 µg/m³) dikkat çekicidir.2010-2015 döneminde HKDYY ısınma sezonu SO_2 sınır değerlerinin (yıllara göre sırasıyla; 225 µg/m³, 200 µg/m³, 175 µg/m³, 150 µg/m³, 125 µg/m³, 100 µg/m³) aşılmadığı görülmüştür. 1992, 1993 ve 1994 yıllarında ise 250 µg/m³ olan sınır değerin 264 µg/m³, 289 µg/m³ ve 254 µg/m³ ile aşıldığı tespit edilmiştir.

PM değerlerinin 1990-2009 döneminde HKKY'nde belirlenen sınır değer olan 150 µg/m³'ü ve 2010 yılı ve sonrasında HKDYY'nde her yıl kademeli olarak azalan sınır değerleri (132 µg/m³, 114 µg/m³, 96 µg/m³, 78 µg/m³, 60 µg/m³) aşmadığı

saptanmıştır. Ancak EC tarafından belirlenmiş UVS değeri olan 40 μg/m³ her yıl aşılmıştır. Aylar itibariyle incelendiğinde son yıllarda düşüş gösterse de diğer yıllarda PM değerleri ısınma sezonu olan Ekim-Mart aylarında EC için UVS değeri olan 40 μg/m³'ün hayli üstündedir. Kış ayları için ortalama PM değeri incelendiğinde ise, 1990-2009 yılları arasındaki süreçte PM değerlerinin kış ayları ortalaması olan 110 μg/m³ değeri ile hedef sınır değer olan 120 μg/m³'ü son birkaç yıl dışında her yıl aştığı görülmektedir. Genel olarak yıllık ortalama derişimlerin sınır değerlere yakın olarak seyretmesi ve zaman zaman bu değerin aşılması bu konuda önlem alınmasının gerekliliğini vurgulamaktadır.

3.3.2. 1990-2015 Döneminde SO_2 ve PM Düzeylerinde Görülen Eğilimler

Kahramanmaraş il merkezinde 1990-2015 yıllık, ısınma sezonu, ve aylık ortalama SO_2 ve PM değerlerinde görülen eğilimler Mann-Kendall eğilim testi ve lineer regresyon yöntemiyle hesaplanmış ve eğilim değerleri ve bu değerlerin istatistiksel anlamlılığı Tablo 3.2'de gösterilmiştir.

Tablo 3.2. Kahramanmaraş ili'nde 1990-2015 yılları arasındaki SO2 ve PM değerlerinde gözlenen eğilimler (*0.001 düzeyinde anlamlı, **0.01 düzeyinde anlamlı)

Aylar	SO_2 Değişim Hızı (μg/m³/yıl)		PM Değişim Hızı (μg/m³/yıl)	
	Mann-Kendall Eğilim Testi	Lineer Regresyon Testi	Mann-Kendall Eğilim Testi	Lineer Regresyon Testi
Ocak	-11.6*	-13.1*	-3.3	-2.7
Şubat	-9.8*	-12.4*	-2.3	-1.9
Mart	-6.2	-7.2	-0.5	-0.5
Nisan	-3.1	-3.5	0.9	1.1
Mayıs	-2.0	-2.3	0.8	1.1
Haziran	-2.1	-2.4	0.9	1.2
Temmuz	-1.6	-2.3	1.4	1.4
Ağustos	-2.4	-2.9	1.3	1.4
Eylül	-3.1*	-3.8*	0.8	0.5
Ekim	-4.0	-4.6**	-0.2	-0.1
Kasım	-7.8*	-7.8*	-3.1	-1.9
Aralık	-9.8*	-12.5*	-3.0	-2.6
Isınma Sezonu Ortalama	-8.2*	-9.6*	-2.0	-2.7
Yıllık Ortalama	-5.6*	-6.3*	-0.3	-0.2

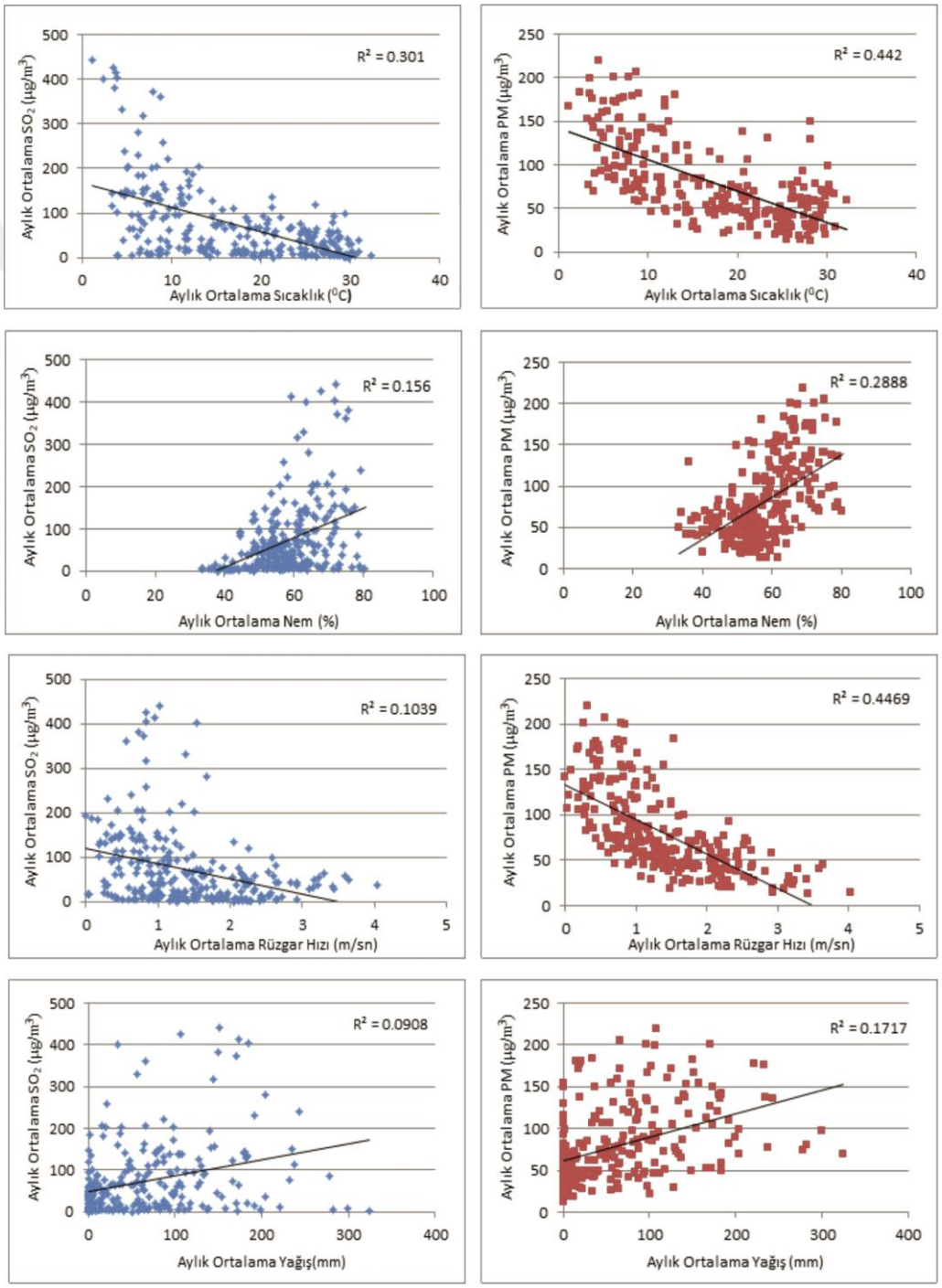
Her iki yöntemle yapılan eğilim analizlerine göre yıllık ortalama ve ısınma sezonu ortalama SO_2 değerinde 0.001 düzeyinde anlamlı azalma görülmüştür. Yıllık ortalama SO_2 düzeyindeki azalma hızı yaklaşık 6 μg/m³/yıl düzeyindedir. Isınma sezonu ortalama SO_2 değeri ise yaklaşık 8 μg/m³/yıl hızında (0.001 düzeyinde anlamlı) azalmıştır. Kış aylarındaki azalmanın daha yüksek oranda oluşu SO_2 düzeylerinde yıllık bazda görülen azalmanın özellikle kış aylarında olan azalmadan kaynaklandığını göstermektedir. Aylık ortalama SO_2 değerlerinde Ocak, Şubat, Eylül, Kasım ve Aralık ayları için her iki eğilim testi de 0.001 düzeyinde anlamlı azalma eğilimleri göstermektedir. Bunun yanısıra lineer regresyon testi Ekim ayı için 0.01 düzeyinde, Mart ve Ağustos ayları için ise 0.001 düzeyinde anlamlı azalma eğilimleri göstermektedir. SO_2 için azalma hızı yaklaşık 12 μg/m³/yıl Ocak ayı için en yüksektir. Bu durum SO_2 kirliliğinin Kahramanmaraş'ta çoğunlukla ısınma amaçlı yakıt kullanımından kaynaklanması ve bu kirliliğin kaynağının özellikle doğalgaz ve kaliteli kömür kullanımı gibi tedbirlerle kontrol altına alınmasından dolayı olabilir.

PM değerlerindeki eğilimler incelendiğinde yıllık ortalama, ısınma sezonu ortalama ve aylık ortalama PM değerlerinde Mann-Kendall eğilim testi ve lineer regresyon testi ile 1990-2015 döneminde istatistiksel olarak anlamlı (0.01 ve 0.001 düzeylerinde) değişimler gözlenmemiştir. Ancak gerek yıllık ortalama gerekse kış ayları ortalama PM değerlerindeki eğilim 1990-2015 dönemi için negatiftir. Aylar bazında ise özellikle kış aylarında PM düzeylerinde istatistiksel olarak anlamlı olmasa da azalma göze çarpmaktadır.

3.3.3. SO_2ve PM Düzeyleri ve Meteorolojik Faktörler Arasındaki İlişkiler

Kahramanmaraş'ta 1990-2015 döneminde gerçekleşen aylık ortalama SO_2 ve PM düzeyleri ile meteorolojik faktörler arasındaki ilişkiler korelasyon analizi ile incelenmiştir (Şekil 3.5). SO_2 ve PM düzeyleri en güçlü olarak aylık ortalama sıcaklık düzeyleri ile ilişkilidir. Her iki parametre ile aylık ortalama sıcaklık arasındaki ilişki negatiftir (R değerleri SO_2 ve PM için sırasıyla -0.55 ve -0.66): yani sıcaklık yüksek ise SO_2 ve PM düzeyleri düşük gerçekleşmektedir.

SO_2 ve PM düzeyleri ile aylık ortalama bağıl nem arasında ise zayıf pozitif bir ilişki bulunmaktadır (R değerleri sırasıyla 0.39 ve 0.54). Aylık ortalama rüzgar hızı ve aylık toplam yağış ile SO_2 ve PM arasındaki ilişkiler (R değerleri sırasıyla -0.32 ve -0.67). Aylık toplam yağış miktarı ile SO_2 ve PM arasındaki ilişkiler yine oldukça zayıf bir ilişki olduğu görülmüştür (R değerleri sırasıyla 0.30 ve 0.41).

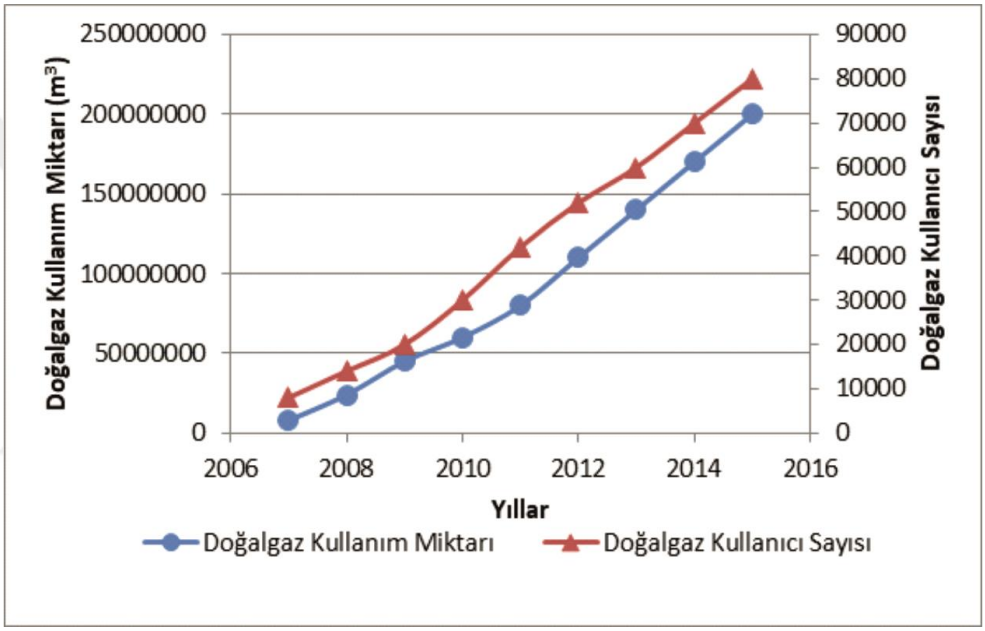


Şekil 3.5.1990-2015 dönemi için aylık ortalama SO_2 ve PM değerleri ve meteorolojik parametreler arasındaki ilişkiler

3.3.4. SO_2 ve PM Düzeyleri ve Doğalgaz Kullanımı Arasındaki İlişkiler

Doğalgaz kullanımı ile hava kalitesi arasındaki ilişkiler kalitatif olarak değerlendirilmiştir.

Kahramanmaraş'ta doğalgaz hattı 2005 yılında tamamlanmış ve 2006 yılından itibaren kent merkezinde kullanılmaya başlanmıştır. Şekil 3.6'da 2006-2015 döneminde kullanılan doğalgaz miktarı ve toplam doğalgaz kullanıcı sayısındaki değişimler verilmektedir.



Şekil 3.6. 1990-2015 dönemi için yıllık doğalgaz kullanım miktarları ve toplam kullanıcı sayıları

2006-2015 döneminde her iki parametrede de hızlı bir artış gözlenmiştir. Bu durum 2006-2015 döneminde SO_2 ve PM düzeylerinde azalmaya yol açan faktörlerden birinin doğalgaz kullanımındaki artış olduğu şeklinde yorumlanabilir. Ancak bunun yanında sonuçlar değerlendirilirken diğer faktörlerin (kaliteli yakıt kullanımı, meteorolojik faktörler gibi) de etkili olabileceği dikkate alınmalıdır.

3.4. Sonuç

Bu çalışmada 1990-2015 dönemi için Kahramanmaraş ili için hava kalitesi analiz edilmiş ve değerlendirilmiştir. Bu amaçla elde edilen ölçüm verileri aylık ortalamalar şeklinde düzenlenmiştir.

Kahramanmaraş ili için 1990-2015 döneminde ortalama SO_2 düzeyi 72 μg/m³ ve ortalama PM düzeyi 80 μg/m³ olarak gerçekleşmiştir. Ekim-Mart dönemini kapsayan ısınma sezonunda (özellikle Kasım, Aralık ve Ocak aylarında) SO_2 ve PM değerlerinde yıl içindeki diğer dönemlere göre belirgin bir artış olduğu tespit edilmiştir. 1990-2015 dönemi için ısınma sezonu ortalaması SO_2 için 112 için μg/m³, PM için ise 133 μg/m³ olarak tespit edilmiştir. Ocak ayı SO_2 değerlerinin en yüksek ve aynı zamanda en değişken olduğu aydır. 1990-2015 döneminde SO_2 ve PM değerlerinin HKDYY, EC, ve WHO tarafından belirlenmiş olan sınır değerleri zaman zaman aştığı tespit edilmiştir.

Eğilim analizleri 1990-2015 yıllarını kapsayan dönemde SO_2 değerlerinde azalma olduğunu göstermiştir. 1990 yılı için SO_2 değeri 132 μg/m³ iken; 2015 yılında 20 μg/m³ olarak tespit edilmesi 1990-2015 dönemi arasında SO_2 derişiminde ciddi oranda azalma eğilimi olduğunu göstermektedir.

Yıllık ortalama SO_2 düzeyindeki azalma hızı yaklaşık 6 μg/m³/yıl olarak tespit edilmiştir. PM derişiminde de yıllık, ısınma sezonu ve aylar bazında azalma mevcuttur, ancak bulunan değerler istatistiksel olarak anlamlı değildir (0.001 ve 0.01 düzeylerinde). Özellikle kış aylarında (Aralık-Ocak-Şubat) hem SO_2 hem de PM çoğunlukla sınır değerlerin üzerinde seyretmiştir. Son yıllarda özellikle SO_2 düzeylerinde belirgin iyileşme olsa da, değerler hala EC ve WHO tarafından belirlenmiş sınır değerlerin üstündedir.

Sıcaklık, bağıl nem, rüzgâr hızı ve yağış parametreleri ile SO_2 ve PM düzeyleri arasındaki ilişkiler incelenmiştir. Sıcaklık ve bağıl nem ile kirletici derişimleri arasında nispeten güçlü ilişkiler gözlenirken, rüzgâr hızı ve yağış ile kirletici derişimleriarasındaki ilişkilerin son derece zayıf olduğu bulunmuştur. Sıcaklık ve kirletici derişimleri arasındaki ilişki soğuk havalarda yakıt kullanımındaki ve dolayısıyla kirletici salınımındaki artışla açıklanabilir. Bağıl nem ile kirletici derişimleriarasındaki ilişki ise havadaki su moleküllerinin kirleticileri tutmaları ile ilişkili olabilir.

Kahramanmaraş'taki hava kalitesinin özellikle kış aylarında düşük olmasının ısınma amaçlı fosil yakıt tüketiminden kaynaklandığı düşünülmektedir. 2006 yılı

sonrasında yakıt olarak doğalgazın kullanılmaya başlanması özellikle 2007 yılından sonra SO_2 düzeylerindeki iyileşmeyle ilişkilendirilebilir.

Hava kalitesinin iyileştirilmesi amacıyla Kahramanmaraş'ta alınan önlemler sonucunda hava kirliliği düzeyinde azalmanın görülmesi bu konuda alınan önlemlerin sonuçsuz kalmadığını göstermektedir. Ancak Kahramanmaraş ili için hava kirliliği hala önemini koruyan ve ciddi tedbirler alınmasını gerektiren öncelikli bir çevre sorunudur. Özellikle ısınma sezonunda meydana gelen hava kirliliği artışına yönelik çözüm önerilerinin geliştirilmesi gerekmektedir. Doğalgaz kullanımına yönelik teşvikler ve ısıl değeri yüksek kaliteli yakıt kullanımına yönelik önlemlerin devam ettirilmesiyle hava kalitesinin daha iyi düzeylere ulaşacağı düşünülmektedir.

4. BÖLÜM

EMİSYON ENVANTERİ

Bu bölümde Kahramanmaraş ili için kentsel ölçekte geliştirilen emisyon envanteri sonuçları sunulmaktadır. Emisyon envanteri 2015 yılı baz alınarak hesaplanmıştır. Bu amaçla, ısınma, sanayi ve trafik kaynaklı hava kirleticiler için yıllık emisyon hesaplamaları gerçekleştirilmiştir.

4.1. Giriş

İstenmeyen maddelerin belirli bir derişimin üzerinde ve belirli bir süre boyunca havada bulunması şeklinde tanımlanan hava kirliliğini kontrol altına almanın ve önlemenin ilk aşaması mevcut durumun analiz edilmesidir. Bu amaçla gerçekleştirilen yöntemlerden biri de emisyon envanterinin hazırlanmasıdır.

Emisyon envanteri en basit ifade ile belirli bir zaman diliminde belirli bir faaliyetten kaynaklanan kirletici miktarı olarak tanımlanmaktadır ve Eşitlik 4.1 esas alınarak emisyon hesapları yapılmaktadır (Çetintürk-Gürtepe ve Köksal, 2014):

$$\text{Emisyon miktarı} = \text{Aktivite verisi} \times \text{Emisyon faktörü} \quad (4.1)$$

Yani emisyon hesaplarında emisyon faktörü ve aktivite verisi olmak üzere belirleyici iki unsur vardır. Aktivite verisi faaliyetin belirli bir zaman diliminde gerçekleşme miktarıdır. Örnek olarak yıllık kullanılan yakıt miktarı, üretilen ürün miktarı, taşıt sayısı olabilmektedir. Aktivite verisi sektöre göre değişiklik göstermektedir (Çetintürk-Gürtepe ve Köksal, 2014).

Emisyon envanterlerinin amacı hava kirletici kaynakların belirlenerek bu kaynaklardan havaya salınan kirletici miktarının tespit edilmesidir. Aynı zamanda emisyon envanterleri emisyon miktarındaki değişimlerin zaman içinde takip edilmesini de sağlamaktadır. Havaya salınan bu kirleticilerin miktarının

belirlenmesi ile kirleticilerin atmosferdeki miktarını azaltmaya yönelik hazırlanan eylem planlarında hava kalitesinde ne oranda iyileşme sağlanacağı konusunda sağlanmakta, böylece yerel yönetimlere ve bu konuyla ilgili araştırmacılara yardımcı olmaktadır (EMEP/EEA, 2009; Apaydın, 2014).

4.2. Gereç ve Yöntem

Kahramanmaraş ili kent merkezi için ısınma kaynaklı, sanayi kaynaklı ve trafik kaynaklı emisyonlar hesaplanmştır.

4.2.1.Isınma Kaynaklı Emisyon Envanteri

Isınma kaynaklı emisyon envanteri oluşturulurken, emisyon miktarlarının hesaplanması için yakıt tüketim miktarlarıve her kirletici türü için geliştirilmiş emisyon faktör değeri ilişkilendirilmiştir. Bu aşamada aşağıda sunulan hesaplama formülü (Eşitlik 4.2) kullanılmıştır.

$$E_{KİRLETİCİ} = AR_{YAKIT\ TÜKETİMİ} \times EF_{KİRLETİCİ} \quad (4.2)$$

Bu eşitlikte:

$\mathbf{E}_{KİRLETİCİ:}$ Kirletici Emisyon Miktarı

$\mathbf{AR}_{YAKIT\ TÜKETİMİ:}$ Yakıt Tüketim Aktivitesi Miktarı

$\mathbf{EF}_{KİRLETİCİ:}$ Kirletici Türüne Göre Emisyon Faktörü

olarak tanımlanmaktadır.

Emisyon sonuçlarının doğruya en yakın şekilde hesaplanması için emisyon faktörünün doğru seçilmesi gerekmektedir. Emisyon faktörü; bir konutta yıllık olarak tüketilen yakıt miktarı ve yakıt türü dikkate alınarak, oluşan emisyon miktarının hesaplanmasına yardımcı olan, birim yakıt başına oluşan kirletici kütlesini ifade eden katsayılardır (IKHKKY, 2005).

Türkiye'de emisyonların hesaplanması için türetilmiş özel emisyon faktörlerinin bulunmaması nedeniyle, çok sayıda Avrupa ülkesinin ortak veri tabanı olan Avrupa Ekonomik Alanı (EEA) tarafından yayınlanan emisyon faktörleri kullanılmaktadır (Tablo 4.1). Bu çalışmada da ısınma kaynaklı emisyonların hesaplanmasında Tablo 4.1'de yer alan değerler kullanılmıştır.

Tablo 4.1.Çalışmada kullanılan emisyon faktörleri (IKHKKY, 2005)

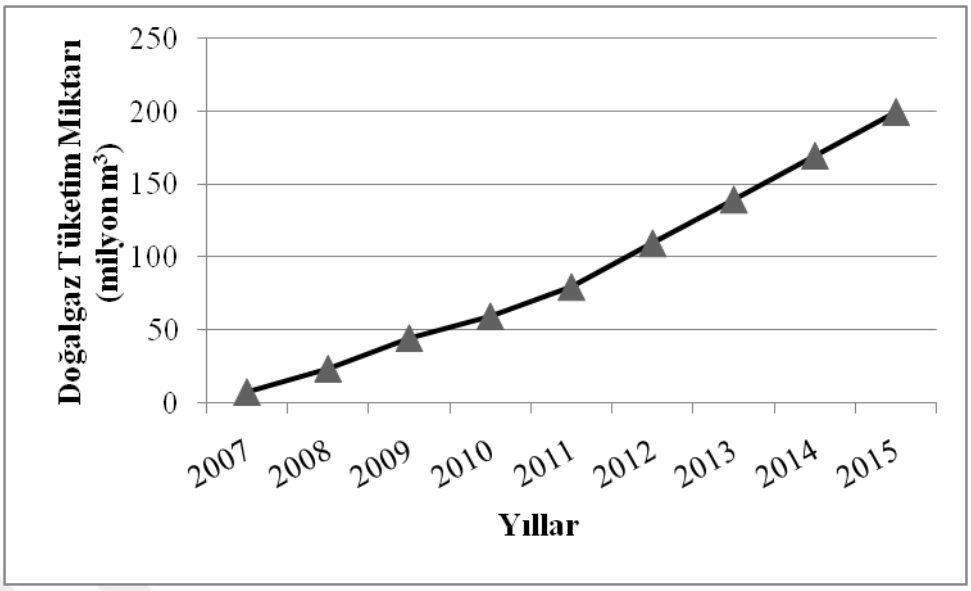
Yakıt Türü	**Isıtma Tipi**	**PM (kg/ton)**	**SO_2 (kg/ton)**	**NOx (kg/ton)**	**CO (kg/ton)**
Doğalgaz	Küçük boyutlu kazanlar ≤ 50 kW	0.02	0.02	3.45	1.48
Kömür (Antrasit)	Orta boyutlu kazanlar 50kW-1MW	5.04	17.98	4.28	53.5
Kömür (Linyit)	Soba	9.03	35.93	2.01	100.32

Tablo 4.1'de yer alan emisyon faktörleri kullanılarak, bunların yakıt miktarları ile çarpılmasıyla yıllık havaya salınan kirletici miktarları kirletici türüne göre tespit edilmiştir.

Kahramanmaraş İli için oluşturulacak olan emisyon envanteri için kentin nüfus yoğunluğu ve gelişmişlik düzeyi yüksek olan merkez ilçeleri olan Onikişubat ve Dulkadiroğlu İlçeleri uygulama alanı olarak belirlenmiştir. Kahramanmaraş kent merkezinde ısınma amaçlı, yerli kömür, ithal kömür ve doğalgaz olmak üzere üç temel yakıt türü kullanılmaktadır.

Bu kapsamda gereken veriler olan yerli kömür tüketim sayısal verilerinin temini ilçe belediyelere ait kaymakamlık birimlerinden temin edilmiştir. İthal kömür tüketim verileri ise Kahramanmaraş Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü'nden temin edilmiştir.

Emisyon envanteri oluşturulması için gereken doğalgaz abone sayıları ve doğalgaz tüketim verileri ise şehrin yetkili doğalgaz dağıtım firması olan ARMADAŞ'tan temin edilmiştir. Kentte doğalgaz kullanımının başladığı 2007 yılından itibaren her yıl artan abone sayısına paralel şekilde doğalgaz tüketim miktarının da arttığı görülmektedir (Şekil 4.1).



Şekil 4.1. Yıllara göre doğalgaz tüketim miktarları

Kahramanmaraş'ta doğalgaz kullanımı resmen 2006 yılında başlasa da, ildeki doğalgaz kullanımı fiilen 2007 yılında başlamıştır. Şehrin doğalgaz abone sayısı her sene giderek artmıştır. İldeki doğalgaza geçme oranı özellikle dünya çapındaki ekonomik krizin en çok hissedildiği yıl olan 2007-2008 ve 2008-2009 sezonlarında düşük kalmıştır. Ancak 2010-2011 ve 2011-2012 yıllarında sektör tekrar canlanmaya başlamış ve abone sayısı toplamda 40000 adedin üzerine çıkmıştır. 2007 yılında 8 milyon m^3 ile başlayan tüketim 2015 yılında 200 milyon m^3'e ulaşmıştır. Bu tüketim miktarı 2015 yılında tüketilen toplam yakıt miktarının % 42.9'una denk gelmektedir. Gaz dağıtım şirketi ARMADAŞ'ın Kahramanmaraş'taki abone hedefi 100000'dir. Bu rakam şehirdeki hane sayısının yaklaşık %90'ına tekabül etmektedir (İmal vd., 2013).

4.2.2. Sanayi Kaynaklı Emisyon Envanteri

Kahramanmaraş'ta sanayi sektöründe kömür ve doğalgaz yakıt olarak kullanılmaktadır. Sanayi kaynaklı oluşan kirletici emisyonlarının hesaplanabilmesi için gereken yakıt tüketim bilgileri Kahramanmaraş Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü'nden temin edilmiştir (Tablo 4.2). Bir yılda yakıt türlerine bağlı oluşan toplam kirletici emisyonların (PM, SO_2, NOx, CO) hesaplanması için tüketilen yakıt miktarları uygun emisyon faktörleri ile ilişkilendirilmiştir.

Tablo 4.2.Sanayide kullanılan yakıt tüketim bilgileri (ÇŞB, 2015)

İl Geneli	Sanayide Kullanılan Yakıt Miktarı	
2015 yılı	Kömür (ton)	Doğalgaz (m^3)
	516000	71000000

Tablo 4.3.Çalışmada kullanılan emisyon faktörleri (EPA, 1998)

Yakıt Türü	**Birimi**	**PM**	**SO_2**	**NO_x**	**CO**
Kömür (Linyit)	(kg/ton)	1.4	13.61S*	5.9	0.113
Doğalgaz	(kg/10^6 m^3)	122	10	1600	1344

*Yakıtın S içeriği

4.2.3. Trafik Kaynaklı Emisyon Envanteri

Karayolu taşıtlarından kaynaklanan emisyonların hesabında iki tür yaklaşım vardır (Sert, 2008).

Birinci yaklaşımda yakıtların karbon içerikleri ve tüketim miktarları dikkate alınarak yapılmaktadır.

(Emisyon Miktarı)= (Emisyon Faktörü) x (Yakıt Tüketimi) (4.3)

İkinci yaklaşımda ise taşıtların emisyon teknolojileri, yaptıkları yıllık yol miktarı, yakıt tüketimleri ve birim yol başına yakıt tüketimleri dikkate alınmaktadır.

(Emisyon Miktarı)= (Emisyon Faktörü) x (Yol) x (Araç Sayısı) (4.4)

Kirletici kaynağının birim aktivitesi sonucu atmosfere saldığı ortalama kirletici miktarlarını belirlemek için kullanılan değerler ‘emisyon faktörleri’ olarak tanımlanmaktadır. Emisyon faktörleri genellikle kirletici kütlesinin birim aktiviteye bölümü şeklinde ifade edilirler. Örneğin gCO km^{-1} araç gibi.

Emisyon faktörlerini emisyon kaynağında yapılacak olan ölçümlerle belirlemek oldukça maliyetli ve zor olduğundan, emisyon faktörleri veritabanları kullanılarak uygun emisyon faktörleri seçilir.

Çalışmada "EMEP/CORINAIR Atmospheric Emission Inventory Guidebook" veritabanında yer alan CORINAIR tabanlı emisyon faktörleri kullanılmıştır (Tablo 4.3). CORINAIR emisyon faktörleri ve araç sayıları ile araçların bir yılda katettikleri yol mesafelerinin kullanılmasıyla trafik kaynaklı oluşan emisyonlar (PM, SO_2, CO ve NO_x) hesaplanmıştır. Hesaplamalar Eştlik 4.4 kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Her araç için katedilen yıllık mesafe 5000 km ve toplam kayıtlı otomobillerin %20'si dizel kalanı (%80'i) benzinli olarak kabul edilerek hesaplamalar yapılmıştır.

Tablo 4.4.Çalışmada kullanılan emisyonfaktörleri (EMEP, 2009)

Araç Türü	PM (g/km)	SO_2 (g/km)	CO (g/km)	NOx (g/km)
Benzinli otomobil	0.029	0.111	1688	0.314
LPG'li otomobil	0.029	0.006	1135	0.313
Dizelli otomobil	0.043	0.664	0.282	0.579
Minibüs ve kamyonet	0.07	0.964	0.393	1138
Otobüs	0.52	3905	3783	13169
Kamyon (<7.5 ton)	0.335	1212	2876	2930
Kamyon (>7.5 ton)	0.66	2449	2876	6055

Kahramanmaraş için kayıtlı araç sayıları ve yıllık ortalama yol bilgileri TUİK resmi internet sitesi ve Karayolları Genel Müdürlüğü'nden temin edilmiştir (Tablo 4.5).

Tablo 4.5.Kayıtlı araç sayıları-2015 yılı (TUİK, 2015)

Otomobil	Minibüs	Otobüs	Kamyonet	Kamyon	Motosiklet	Traktör	Özel amaçlı taşıtlar
108.486	7026	2001	34174	6890	20446	18849	99

4.3. Bulgular

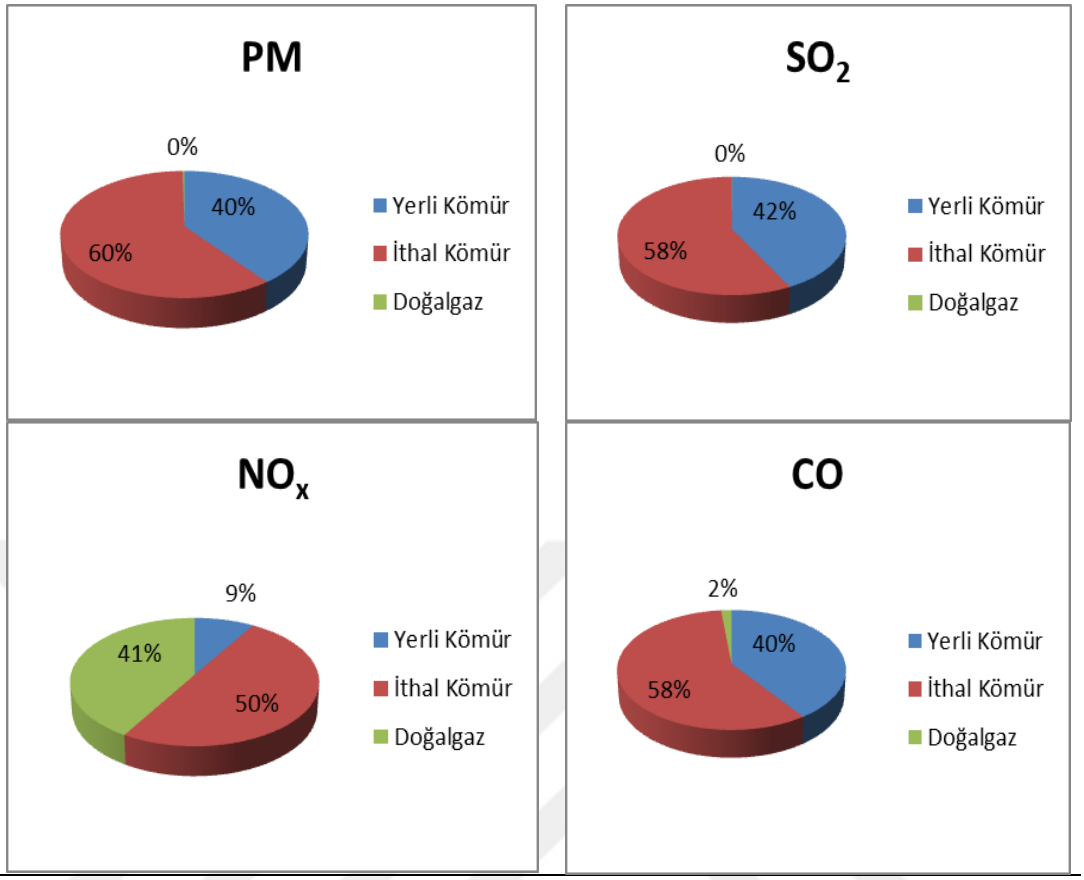
4.3.1.Isınma Kaynaklı Emisyon Envanteri İçin Bulgular

Kahramanmaraş ili 2015 yılı kömür tüketimi kaynaklı emisyonlar yerli ve ithal kömürler için ayrı ayrı incelenmiştir. Toplam yerli kömür tüketimi 48000 ton iken toplam ithal kömür tüketiminin 130000 ton olduğu belirlenmiştir (Tablo 4.5). Bu durumda toplam yakıt tüketiminin % 15.4'ünü yerli kömür oluştururken %41.7'lik kısmını ise ithal kömürün oluşturduğu görülmektedir. Toplam yakıt tüketiminin ise % 57.1'ini kömür tüketimi oluşturmaktadır.

Tablo 4.1'de belirtilen emisyon faktörleri ile yakıt tüketim miktarlarının ilişkilendirilmesi ile Kahramanmaraş ili için ısınmadan kaynaklı emisyon miktarları elde edilmiştir. Kahramanmaraş ilinde 2015 yılı için yerli kömür, ithal kömür ve doğalgaz tüketiminden kaynaklı oluşan PM, SO_2, NO_x ve CO emisyon miktarları Tablo 4.6'da ve Şekil 4.2'de görülmektedir.

Tablo 4.6.Isınma kaynaklı oluşan emisyon miktarları

Tüketilen Yakıt Türü	**Tüketilen Yakıt Miktarı**	**Oluşan Emisyon Miktarı (ton)**			
		PM	**SO_2**	**NO_x**	**CO**
Yerli Kömür	48 000 ton	434	1725	96.5	4815
İthal Kömür	130000 ton	655	2337	556	6955
Doğalgaz	200 000 000 m^3 (134 000 ton)	2.7	2.7	462	194
TOPLAM: 312000 ton		**1092**	**4065**	**1115**	**11964**



Şekil 4.2. Yakıt türlerinin farklı kirleticiler için oluşturdukları emisyonlar

Yerli kömür tüketimi kaynaklı SO_2 emisyonu 1725 ton iken, ithal kömür tüketimi kaynaklı 2337 ton ve doğalgaz kaynaklı ise 2.7 ton olarak hesaplanmıştır. Buna göre toplan oluşan SO_2 emisyonunun % 42.4'ünü yerli kömür ve %57.4'ünü ithal kömür oluşturmaktadır. Doğalgaz kaynaklı SO_2 emisyonunun ise bunların yanında oldukça düşük olduğu görülmektedir (% 0.2). Bu durumda oluşan SO_2 emisyonunun % 99.8'lik kısmının kömür tüketiminden kaynaklandığı görülmektedir. PM emisyonunun ise % 39.8'sini yerli kömür, %60'ını ithal kömür oluşturmaktadır. Yine Toplam PM emisyonunun da % 99.8'inin kömür tüketiminden kaynaklandığı görülmektedir.

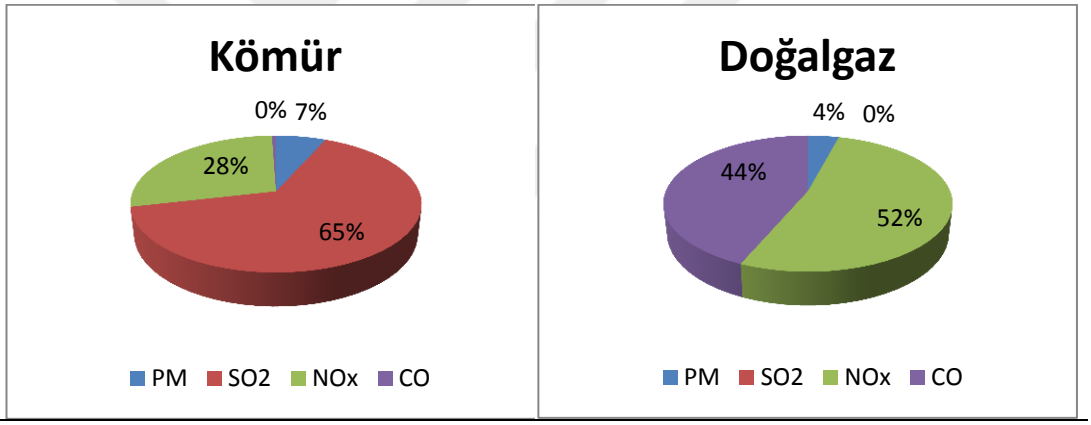
4.3.2.Sanayi Kaynaklı Emisyon Envanteri İçin Bulgular

Kahramanmaraş'ta 2015 yılında sanayi tesislerinden kaynaklanan kirletici emisyonları hesaplanmıştır. Sanayide kömür ve doğalgaz yakıt türlerinin kullanıldığı ve kömür tüketiminin doğalgaz tüketime oranla daha fazla olduğu görülmektedir.

Sanayi kaynaklı yakıt tüketim miktarlarının uygun emisyon faktörleri ile ilişkilendirilmesiyle oluşan PM, SO_2, NO_x ve CO emisyonları Tablo 4.6'da görülmektedir.

Tablo 4.7. Sanayi kaynaklı oluşan emisyonlar

Tüketilen Yakıt Türü	**Tüketilen Yakıt Miktarı**	**Oluşan Kirletici Emisyon Miktarı (ton)**			
		PM	**SO_2**	**NO_x**	**CO**
Kömür	516 000 ton	722.4	7022.7	3044.4	58.3
Doğalgaz	71 000 000 m^3 (47 570 ton)	8.6	0.7	116.6	95.4
TOPLAM	**563 570 ton**	**731**	**7023.4**	**3161**	**153.7**



Şekil 4.3.Yakıt türüne bağlı oluşan emisyon dağılımları

Kömür kullanımına bağlı en fazla oluşan kirletici emisyon türleri CO ve SO_2 iken doğalgaz kullanımı sonucu en fazla oluşan kirletici emisyon türleri NO_x ve CO olmuştur (Şekil 4.3). Doğalgaz tüketimine bağlı oluşan SO_2 ve PM emisyonlarının kömür tüketimine bağlı oluşan emisyonlara oranla ihmal edilebilecek düzeyde az olduğu görülmektedir.

4.3.3. Trafik Kaynaklı Emisyon Envanteri İçin Bulgular

Kahramanmaraş ili için trafik kaynaklı oluşsan emisyonlar hesaplanmıştır. 2015 yılında trafiğe kayıtlı araç sayıları TUİK resmi sitesinden elde edilmiş olup, araçların bir yılda katettikleri mesafe 5000 km olarak kabul edilmiştir. Her kirletici

için ilgili emisyon faktörleri kullanılarak bir yılda oluşan emisyon miktarları hesaplanmıştır (Tablo 4.8 ve Tablo 4.9).

Tablo 4.8. Araç türüne göre oluşan emisyon miktarlarının hesaplanması

PM				
Araç Türü	Araç Sayısı	Mesafe (km)	Emisyon Faktörü (g/km)	EMİSYON (ton)
Otomobil-Benzinli	86789	5000	0.029	12.58
Otomobil-Dizelli	21697	5000	0.043	4.66
Minibüs	7026	5000	0.07	2.46
Otobüs	2001	5000	0.52	5.20
Kamyon	34174	5000	0.66	112.77
Kamyonet	6890	5000	0.335	11.54
Motosiklet	20446	5000		102.23
			TOPLAM	**251**

SO_2				
Araç Türü	Araç Sayısı	Mesafe (km)	Emisyon Faktörü (g/km)	EMİSYON (ton)
Otomobil-Benzinli	86789	5000	0,111	48.17
Otomobil-Dizelli	21697	5000	0.664	104.58
Minibüs	7026	5000	0.964	137.18
Otobüs	2001	5000	3.905	39.07
Kamyon	34174	5000	2.449	207.09
Kamyonet	6890	5000	1.212	34.45
Motosiklet	20446	5000		102.23
			TOPLAM	**673**

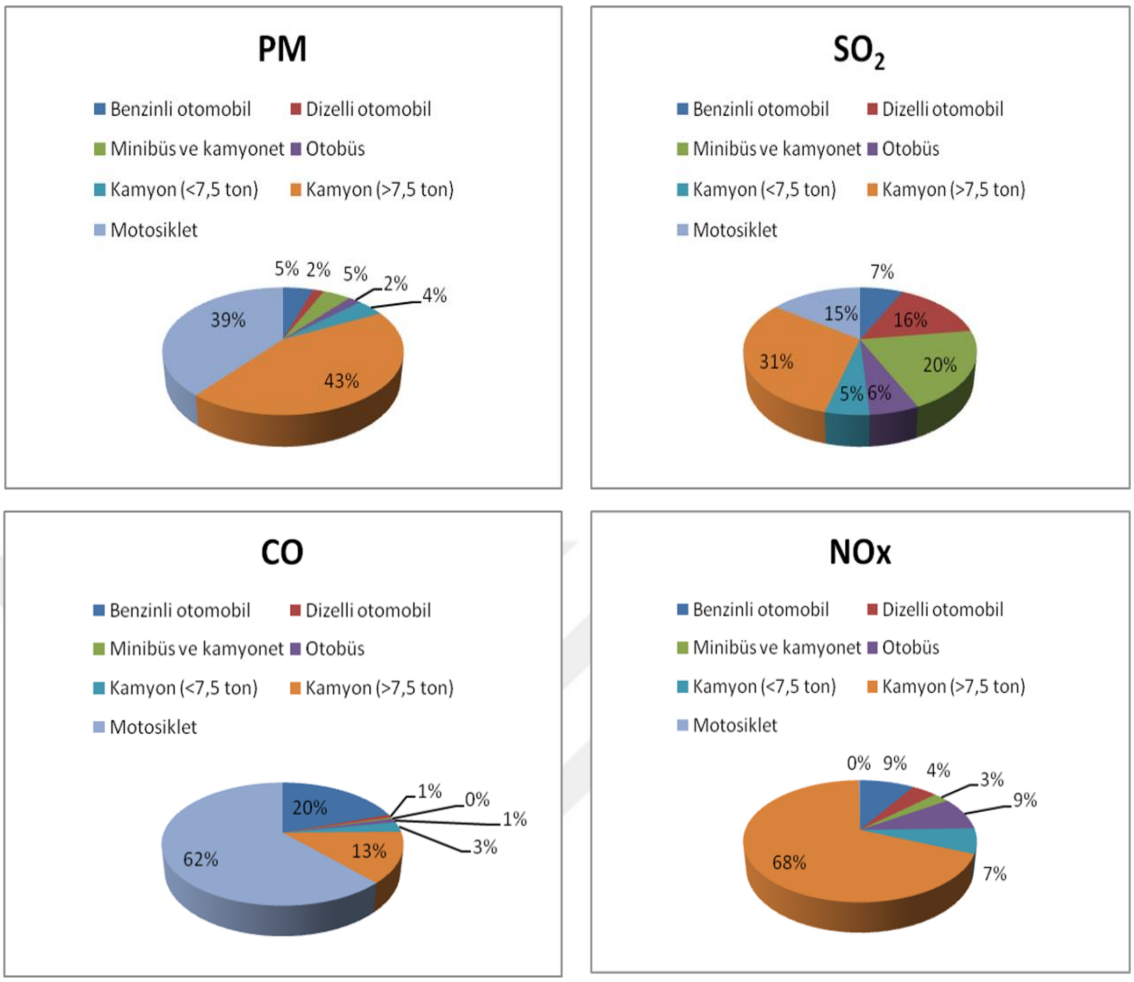
NO_x				
Araç Türü	Araç Sayısı	Mesafe (km)	Emisyon Faktörü (g/km)	EMİSYON (ton)
Otomobil-Benzinli	86789	5000	0.314	136.26
Otomobil-Dizelli	21697	5000	0.579	62.81
Minibüs	7026	5000	1.138	39.98
Otobüs	2001	5000	13.169	131.76
Kamyon	34174	5000	6.055	1034.62
Kamyonet	6890	5000	2.93	100.94
Motosiklet	20446	5000	0.03	3.07
			TOPLAM	**1509**

CO				
Araç Türü	Araç Sayısı	Mesafe (km)	Emisyon Faktörü (g/km)	EMİSYON (ton)
Otomobil-Benzinli	86789	5000	1.688	732.50
Otomobil-Dizelli	21697	5000	0.282	30.59
Minibüs	7026	5000	0.393	13.81
Otobüs	2001	5000	3.783	37.85
Kamyon	34174	5000	2.876	491.42
Kamyonet	6890	5000	2.876	99.08
Motosiklet	20446	5000	22.36	2285.86
			TOPLAM	**3691**

Araç türüne göre oluşan yıllık emisyon miktarları (PM, SO_2, CO, NO_x) ton cinsinden hesaplanarak Tablo 4.9'da, araç türüne bağlı oluşan emisyon dağılımları Şekil 4.3 ve Tablo 4.9'da gösterilmiştir.

Tablo 4.9. Araç türüne göre oluşan emisyonlar

Araç Türü	**Emisyon Miktarı**			
	PM (ton/yıl)	**SO_2 (ton/yıl)**	**NO_x (ton/yıl)**	**CO (ton/yıl)**
Benzinli otomobil	12.6	48.2	136.3	732.5
Dizelli otomobil	4.7	104.6	62.8	30.6
Minibüs ve kamyonet	11.5	137.2	39.9	13.8
Otobüs	5.2	39	131.7	38
Kamyon (<7.5 ton)	11.5	34.5	100.9	99
Kamyon (>7.5 ton)	112.8	207	1034.6	491
Motosiklet	102	-	3.1	-
TOPLAM	**251**	**673**	**1509**	**3691**



Şekil 4.4.Trafik kaynaklı oluşan emisyon dağılımları

Bir yılda toplam oluşan PM emisyonu derişiminin% 43'ünü, SO_2 derişiminin %31'ini ve NO_x derişiminin% 68'ini kamyon kategorisindeki araçlar oluşturmuştur. Oluşan toplam CO emisyonlarının ise en büyük kaynağı motosiklet kategorisindeki araçlar olmuştur.

4.4. Toplam Emisyonlar

2015 yılında Kahramanmaraş'ta ısınma, sanayi ve trafik kaynaklı oluşan hava kirletici emisyonlarının toplam değerler Tablo 4.10'da, türe göre oluşan emisyon dağılımları ise Şekil 4.5'te görülmektedir.

Kahramanmaraş il merkezinde 2015 yılında ısınma amaçlı kullanılan toplam 563570 ton yakıtlardan 4062 ton SO_2, 1092 ton PM, 1115 ton NO_x ve 11964 ton CO emisyonu oluştuğu görülmüştür. Trafik kaynaklı oluşan emisyonlar ise PM 260

ton, SO_2 570 ton, CO 1405 ton, NO_x 1509 ton olarak belirlenmiştir. Sanayi kaynaklı 563570 ton yakıt kullanılmış ve bundan kaynaklanan PM 731 ton, SO_2 7023 ton, NO_x 3161 ton, CO 153 ton kirleticinin atmosfere salındığı gözlenmiştir.

Tablo 4.10. Toplam oluşan emisyonlar

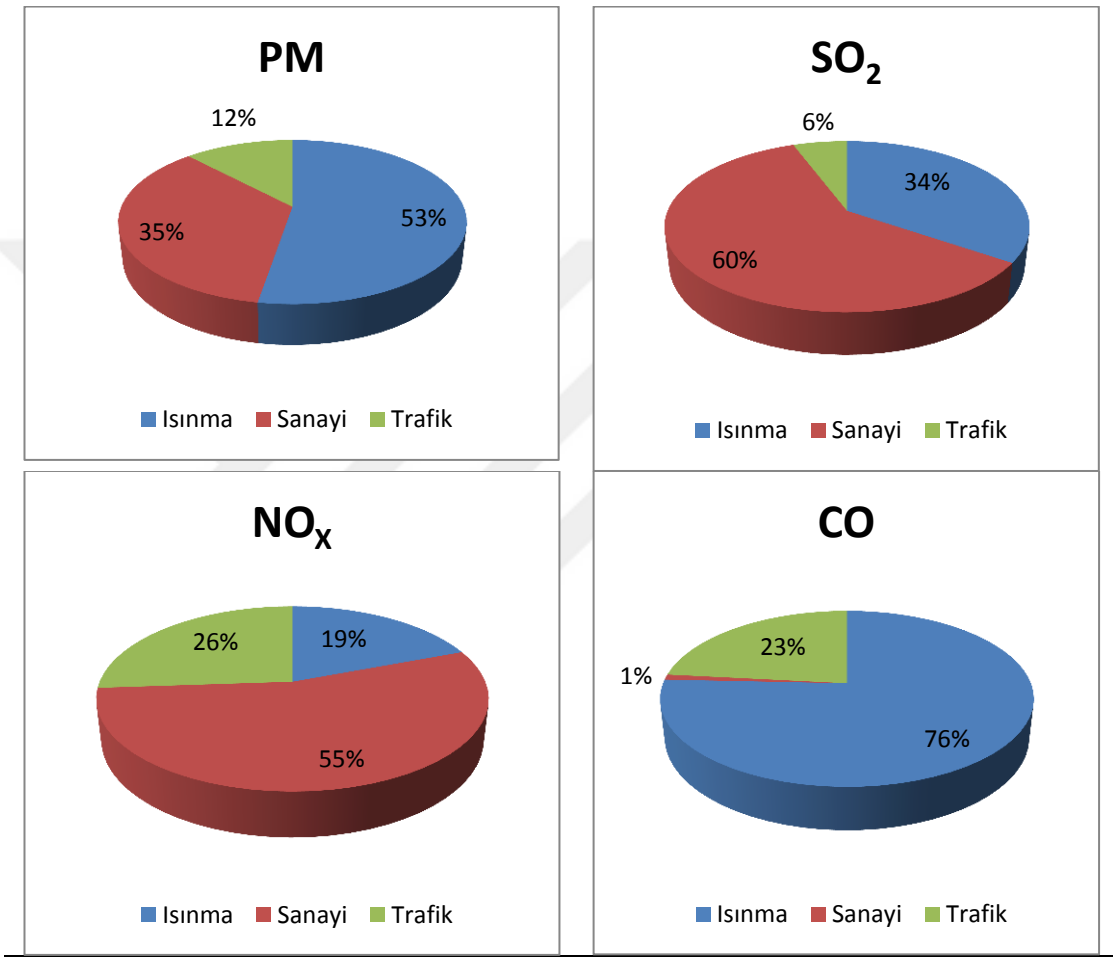
Emisyon Kaynağı	**Emisyon Miktarı**			
	PM (ton/yıl)	**SO_2 (ton/yıl)**	**NO_x (ton/yıl)**	**CO (ton/yıl)**
Isınma	1092	4065	1115	11964
Sanayi	731	7023	3161	153
Trafik	251	673	1509	3691
Toplam	**2074**	**11761**	**5785**	**15808**

Isınma amaçlı kullanılan yakıtardan; yerli kömür tüketimi kaynaklı SO_2emisyonu 1725 ton iken, ithal kömür tüketimi kaynaklı 2337 ton ve doğalgaz kaynaklı ise 2.7 ton olarak hesaplanmıştır. Buna göre toplan oluşan SO_2 emisyonunun % 42.4'ünü yerli kömür ve %57.4'ünü ithal kömür oluşturmaktadır. Doğalgaz kaynaklı SO_2 emisyonunun ise bunların yanında oldukça düşük olduğu görülmüştür.

Sanayi kaynaklı oluşan yıllık toplam 731 ton PM emisyonunun % 98.7'lik kısmının (723 ton), toplam oluşan 7023 ton SO_2 emisyonunun neredeyse tamamının (7022,7 ton) kömür kaynaklı oluştuğu ve bunun yanında doğalgaz kaynaklı oluşan miktarın SO_2 emisyonunun ihmal edilebilir seviyede düşük (0.71 ton) olduğu tespit edilmiştir. Sanayi kaynaklı oluşan yıllık toplam 3161 ton NO_x emisyonun %96.3'lük kısmının, oluşan toplam yıllık 153 ton CO emisyonunun ise %38'lik kısmının kömür kullanımından kaynaklı oluştuğu görülmüştür.

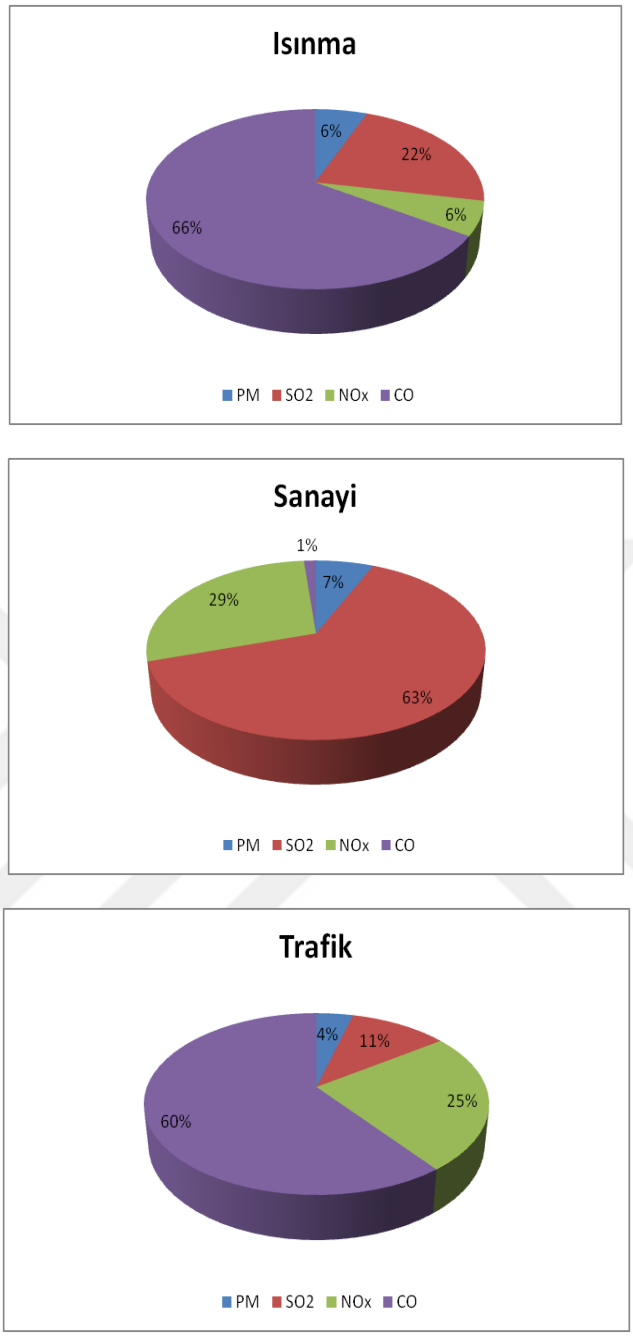
Tarafik kaynaklı atmosfere salınan yıllık toplam PM emisyonunun yaklaşık % 43 oranıyla en fazla kamyon türü araçlardan, sorasında ise %39 oranla motosiklet türü araçlardan kaynaklandığı ve bunlara oranla diğer türlerdeki araçlardan kaynaklı oluşan PM emisyonlarının oldukça düşük olduğu görülmüştür. Yıllık oluşan toplam SO_2 emisyonunun %31 oranıyla en çok yine kamyon türü araçlardan, sonrasında % 20 oranında kamyonet-minibüs, %16 oranında dizelli otomobil tipi araçların

kullanımından kaynaklandığı görülmüştür.Oluşan yıllık toplam CO emisyonun ise sırasıyla en fazla motorsiklet (%62), benzinli otomobil (%20) ve kamyon (%13) türü araçlardan kaynaklandığı, yıllık oluşan NO_x emisyonun sırasıyla en fazla kamyon (%68), benzinli otomobil (%9) ve otobüs (%9) türü araçlardan kaynaklandığı tespit edilmiştir.



Şekil 4.5. Toplam oluşan emisyonların kaynağa göre dağılımları

Kahramanmaraş'ta 2015 yılında oluşan toplam PM emisyonu 2074 ton olurken bunun yarısından fazlasının ısınma amaçlı kullanılan yakıtlardan kaynaklandığı (%53), bir yılda oluşan toplam SO_2 emisyonunun 11761 ton olduğu ve bunun en büyük oranda (%60) sanayide kullanılan yakıtlardan kaynaklandığı, oluşan yıllık toplam NO_x emisyonunun 5785 ton olduğu ve büyük oranda (%55) yine sanayi kaynaklı olduğu, oluşan yıllık toplam CO emisyonunun ise 15808 ton olduğu ve en büyük kaynağının (%76) ısınma amaçlı kullanılan yakıtlar olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.6).



Şekil 4.6.Isınma, sanayi ve trafik kaynaklı oluşan emisyonların türlere göre dağılımları

4.5. Sonuç

Bu çalışmada resmi istatistikler ve bilimsel ölçüm sonuçlarına dayanarak Kahramanmaraş için hava kirletici kaynakları (ısınma, sanayi ve trafik) envanterlenmiştir.

Isınma kaynaklı emisyon hesaplanması için kent merkezine ait yakıt tüketim bilgileri (kömür ve doğalgaz) temin edilmiş ve bunların EPA tarafından belirlenen

uygun emisyon faktörleriyle ilişkilendirilmesiyle yıllık oluşan PM, SO_2,, NO_x ve CO emisyonları hesaplanmıştır.

Trafik kaynaklı oluşan emisyonların hesaplanmasında ise kent için trafiğe kayıtlı araç sayıları bilgisi türlerine göre temin edilmiş ve her bir araç için katedilen yol ile uygun emisyon faktörlerinin ilişkilendirilmesiyle emisyonlar hesaplanmıştır.

Sanayi kaynaklı oluşan emisyonların envanterlenmesi içinse yine sanayide tüketilen yakıt miktarları bilgisi temin edilerek emisyon faktörleri ile çarpılmış ve yıllık oluşan emisyonlar hesaplanmıştır.

Sonuç olarak; Kahramanmaraş il merkezinde 2015 yılında ısınma amaçlı kullanılan toplam 563570 ton yakıttan 4062 ton SO_2, 1092 ton PM, 1115 ton NO_x ve 11964 ton CO emisyonu oluştuğu görülmüştür. Trafik kaynaklı oluşan emisyonlar ise PM 260 ton, SO_2 570 ton, CO 1405 ton, NO_x 1509 ton olarak belirlenmiştir. Sanayi kaynaklı 563570 ton yakıt kullanılmış ve bundan kaynaklanan PM 731 ton, SO_2 7023ton, NO_x 3161 ton, CO 153 ton kirletici emisyonun atmosfere salındığı gözlenmiştir.

5. BÖLÜM

YAPAY SİNİR AĞLARI METODU İLE HAVA KALİTESİ MODELLEMESİ

5.1. Giriş

Yapay Sinir Ağları (YSA) insan beyninin en temel özelliği olan öğrenme fonksiyonunu gerçekleştiren bilgisayar sistemleridir. YSA'nın genel yapısı üç katmandan oluşmaktadır. Bunlar; girdi katmanı, gizli katman veya ara katmanı ve çıktı katmanıdır. Bilgiler ağa girdi katmanından iletilir ve ara katmanlarda işlenerek oradan çıktı katmanına gönderilirler (Öztemel, 2003).

YSA'nın tasarımı aşamasında oluşturulan ağ yapıları arasından uygulamaya en elverişli olanı seçilir. Optimal ağ mimarisinin belirlenmesinde, önerilen bazı teknikler olmasına rağmen, bu metotlar oldukça karmaşıktır ve bu metotların uygulanması oldukça zordur. Ayrıca, bu metotlardan hiçbiri gerçek tahmin problemleri için optimal çözümü garanti etmemektedir. Kısacası, bu parametrelerin belirlenmesinde kesin ve açık şekilde uygulanan metotlar yoktur (Zhang, 1998).

Bu çalışmada oluşturulan YSA mimarileri içerisinden en optimum sonucu veren mimarinin belirlenmesi amaçlanmaktadır. Kahramanmaraş için YSA metodu kullanılarak elde edilen hava kalitesi tahmin sonuçları bu bölümde verilmiştir.

5.2. Gereç ve Yöntem

Çalışmada Kahramanmaraş ili için hava kirletici parametrelerin (PM ve SO_2) meteorolojik parametrelerle ilişkisi yapay sinir ağları (YSA) yaklaşımı kullanılarak analiz edilmiş ve modellenmiştir. Bu analizlerde Microsoft Office Excel ve IBM SPSS Statistics programları kullanılmıştır. Bu çalışmada tek gizli katmanı olan çok katmanı YSA modeli kullanılmıştır. Gizli katmanın amacı, girdi katmanlarından

gelen sinyallerin özelliklerini belirlemek, ağırlıklandırmak ve sonuçları çıktı katmanına yönlendirmektir.

Model girdisi, her bir istasyon için, hava sıcaklığı, rüzgâr hızı, bağıl nem ve önceki aya ait ortalama kirletici derişimlerioluşmuştur. Model çıktısı aylık ortalama kirletici derişimlerioluşmaktadır. Verilerin %50'si modelin eğitilmesi ve %25'i test edilmesi ve kalan %25'i ise kontrol için kullanılmıştır. Eğitim, test ve kontrol için veriler rastgele seçilmiştir. Ayrılan verilerden eğitim örnekleri yapay sinir ağı modelini geliştirmek için kullanılırken, test örnekleri ise geliştirilen modelin tahmin yeteneğinin değerlendirilmesinde kullanılmaktadır.

Modelin eğitilmesinde iki değişik algoritma kullanılmıştır. Bu algoritmalar ölçekli eşlenik gradyan ve gradyan azalma algoritmalarıdır. Ölçekli eşlenik gradyanalgoritması, ileri beslemeli sinir ağları için bir denetimli öğrenme algoritması türüdür. Algoritma, sayısal analizde eşlenik gradyan metotları olarak bilinen bir optimizasyon tekniği sınıfına dayanır. Gradyan azalma, YSA'da geri yayılım algoritmasıyla beraber eğitim için kullanılan bir algoritma türüdür.

Modeldeki nöron sayıları ve katmanlar arasındaki aktivasyon fonksiyonları deneme yanılma yöntemiyle belirlenmiştir. Bu amaçla gizli katmanda 1-10 nöron olacak şekilde S-Şekilli ve hiperbolik tanjant aktivasyon fonksiyonları kullanılarak model çalıştırılmış ve en az hatayı veren konfigürasyon belirlenmiştir.

Modelleme yapılırken bağımlı değişken (çıktı) aylık kirletici derişimiiken, beş adet bağımsız değişken (girdi) (bir önceki aya ait kirletici derişimleri aylık ortalama hava sıcaklığı, aylık ortalama rüzgâr hızı, aylık toplam yağış ve aylık ortalama bağıl nem) kullanılmıştır.

Verilerin %50'si eğitim, %25'i test ve kalan %25'i de kontrol amacıyla kullanılmıştır. Modelin mimarisinde tek gizli katman kullanılmıştır. Aktivasyon fonksiyonu olarak, S-şekilli fonksiyon ve hiperbolik tanjant fonksiyonu kullanılmıştır. Model iki tür ölçekli eşlenik gradyan ve gradyan azalma algoritmaları kullanılarak eğitilmiştir. Bu yapıların her biri eşleştirilerek uygulanmıştır.

Modelin başarısı en küçük kareler hatası (RMSE) ve determinasyon katsayısı (R^2) hesaplanarak belirlenmiştir. RMSE ve R^2'nın hesaplanmasında kullanılan formüller Eşitlik 5.1 ve 5.2'de verilmektedir.

RMSE (The Root Mean Square Error), ortalama karekök hata, sıklıkla bir model tarafından tahmin edilen değer ile gerçekte ölçülen değer arasındaki farkı ölçmek için kullanılır. Formülizasyonu aşağıdaki gibidir:

$$\mathrm{RMSE} = \sqrt{\frac{1}{n}\sum_{j=1}^{n}(y_j - \hat{y_j})^2} \tag{5.1}$$

Burada; *n*, veri sayısını, , y_j ölçülen değeri, $\hat{y}_j$ tahmin edilen değeri ifade etmektedir.

R^2, determinasyon katsayısı, *y* değerindeki değişkenliğin ne kadarının regresyon doğrusu tarafından açıklanabildiğinin ifadesidir. 0-1 arasında değer alır. 1'e yaklaştıkça analizin doğruluğunu gösterir (Eşitlik 5.1).

$$R^2 = \frac{\sum(\hat{y} - \bar{y})^2}{\sum(y - \bar{y})^{2\,2}} \tag{5.2}$$

Burada; $\hat{y}$, tahmin edilen değeri, $\bar{y}$, tüm gerçek değerlerin ortalamasını, *y* ise gerçek değeri ifade etmektedir.

Model yapısında sırasıyla aşağıda gösterilen kombinasyonlar kullanılmıştır.

A1-Hiperbolik tanjant aktivasyon fonksiyonu*Hiperbolik tanjant aktivasyon fonksiyonu*Ölçekli eşlenik gradyan algoritması

B2-Hiperbolik tanjant aktivasyon fonksiyonu*S-Şekilli aktivasyon fonksiyonu*Ölçekli eşlenik gradyan algoritması

C3-S-Şekilli aktivasyon fonksiyonu* Hiperbolik tanjant aktivasyon fonksiyonu* Ölçekli eşlenik gradyan algoritması

D4-S-Şekilli aktivasyon fonksiyonu* S-Şekilli aktivasyon fonksiyonu* Ölçekli eşlenik gradyan algoritması

E5-Hiperbolik tanjant aktivasyon fonksiyonu*Hiperbolik tanjant aktivasyon fonksiyonu*Gradyan azalma algoritması

F6- Hiperbolik tanjant aktivasyon fonksiyonu* S-Şekilli aktivasyon fonksiyonu* Gradyan azalma algoritması

G7-S-Şekilli aktivasyon fonksiyonu* Hiperbolik tanjant aktivasyon fonksiyonu* Gradyan azalma algoritması

H8- S-Şekilli aktivasyon fonksiyonu* S-Şekilli aktivasyon fonksiyonu* Gradyan azalma algoritması

PM ve SO_2 için sekiz farklı konfigürasyonda, her bir durum için YSA modelinin gizli katmanında (hidden layer) 1'den 10'a kadar nöron seçilmesi durumlarında oluşan R^2 ve RMSE sonuçları hesaplanmış ve bu değerler incelenerek en iyi model konfigürasyonu seçilmiştir.

5.3. Bulgular

5.3.1. SO_2 Parametresi için En İyi YSA Mimarisinin Belirlenmesi

Bu çalışmasında yapay sinir ağları yöntemi kullanılarak hava kirletici parametreler (PM ve SO_2) ile meteorolojik parametreler arasındaki ilişkiler modellenmiştir. SO_2 parametresi için daha önce belirlenmiş olan sekiz farklı YSA konfigürasyonu için elde edilen sonuçlar Tablo 5.1-5.8'de sunulmuştur.

SO_2 için hiperbolik tanjant aktivasyon fonksiyonu, hiperbolik tanjant aktivasyon fonksiyonu ve ölçekli eşlenik gradyan algoritması ile elde edilen değerler (Tablo 5.1) incelendiğinde model mimarisinde en optimum sonuç veren yapı gizli katmanda 7 nöron seçilmesi durumunda elde edilmiştir.

Tablo 5.1. SO_2 için hiperbolik tanjant aktivasyon fonksiyonu*hiperbolik tanjant aktivasyon fonksiyonu ve ölçekli eşlenik gradyan algoritması ile elde edilen değerler

Nöron sayısı	A1							
	R^2				**RMSE**			
	Eğitim	Test	Kontrol	Genel	Eğitim	Test	Kontrol	Genel
Nöron-1	0.80	0.88	0,84	0.87	40.41	35.59	63.58	45.89
Nöron-2	0.82	0.89	0.83	0.88	33.81	34.05	59.89	41.52
Nöron-3	0.82	0.90	0.83	0.89	33.70	32.33	59.07	40.83
Nöron-4	0.84	0.91	0.82	0.89	30.42	30.48	62.17	40.24
Nöron-5	0.82	0.89	0.84	0.88	34.59	33.95	60.49	42.02
Nöron-6	0.82	0.88	0.86	0.89	33.11	34.90	54.95	39.77
Nöron-7	0.83	0.90	0.86	0.90	32.41	32.02	56.40	39.32
Nöron-8	0.80	0.90	0.85	0.88	37.70	33.20	58.54	42.56
Nöron-9	0.84	0.91	0.80	0.89	28.99	30.63	66.61	41.40
Nöron-10	0.81	0.89	0.81	0.87	36.28	34.42	62.18	43.40

SO_2 için hiperbolik tanjant aktivasyon fonksiyonu, S-şekilli aktivasyon fonksiyonu, ölçekli eşlenik gradyan algoritması ile elde edilen değerler (Tablo 5.2) incelendiğinde model mimarisinde en optimum sonuç veren yapı gizli katmanda 9 nöron seçilmesi durumunda elde edilmiştir.

Tablo 5.2 SO_2 için hiperbolik tanjant aktivasyon fonksiyonu*S-şekilli aktivasyon fonksiyonu* ölçekli eşlenik gradyan algoritması ile elde edilen değerler

Nöron sayısı	B2							
	R^2				**RMSE**			
	Eğitim	Test	Kontrol	Genel	Eğitim	Test	Kontrol	Genel
Nöron-1	0.80	0.88	0.85	0.88	37.23	35.33	57.45	42.35
Nöron-2	0.83	0.88	0.81	0.87	32.55	34.60	65.42	42.97
Nöron-3	0.82	0.89	0.82	0.87	34.57	34.77	61.74	42.52
Nöron-4	0.85	0.91	0.81	0.89	27.83	30.31	65.42	40.39
Nöron-5	0.80	0.89	0.86	0.88	38.21	33.96	56.43	42.18
Nöron-6	0.80	0.88	0.82	0.85	37.27	35.75	59.42	43.09
Nöron-7	0.79	0.88	0.84	0.87	38.64	35.52	58.18	43.25
Nöron-8	0.82	0.87	0.84	0.88	34.69	36.08	61.84	42.88
Nöron-9	0.82	0.88	0.87	0.89	34.49	35.29	53.47	39.88
Nöron-10	0.83	0.88	0.82	0.88	31.78	34.42	60.08	40.75

SO_2 için S-şekilli aktivasyon fonksiyonu, hiperbolik tanjant aktivasyon fonksiyonu, ölçekli eşlenik gradyan algoritması ile elde edilen değerler (Tablo 5.3)

incelendiğinde model mimarisinde en optimum sonuç veren yapı gizli katmanda 3 nöron seçilmesi durumunda elde edilmiştir.

Tablo 5.3. SO_2 için S-şekilli aktivasyon fonksiyonu* hiperbolik tanjant aktivasyon fonksiyonu* ölçekli eşlenik gradyan algoritması ile elde edilen değerler

Nöron sayısı	C3							
	R^2				**RMSE**			
	Eğitim	Test	Kontrol	Genel	Eğitim	Test	Kontrol	Genel
Nöron-1	0.80	0.88	0.82	0.87	37.88	35.27	59.63	43.32
Nöron-2	0.81	0.89	0.85	0.88	35.38	33.61	58.84	41.63
Nöron-3	0.83	0.91	0.84	0.89	30.83	31.20	60.11	39.71
Nöron-4	0.80	0.89	0.85	0.88	37.91	33.98	57.73	42.46
Nöron-5	0.82	0.89	0.85	0.89	34.10	33.72	58.12	40.87
Nöron-6	0.80	0.87	0.85	0.88	38.76	35.85	56.70	42.91
Nöron-7	0.82	0.88	0.86	0.89	33.94	34.78	55.08	40.04
Nöron-8	0.80	0.88	0.85	0.88	39.00	35.02	56.74	42.86
Nöron-9	0.82	0.89	0.84	0.89	33.19	33.61	59.89	41.08
Nöron-10	0.82	0.89	0.86	0.89	33.86	33.14	56.64	40.16

SO_2 için S-şekilli aktivasyon fonksiyonu, hiperbolik tanjant aktivasyon fonksiyonu, ölçekli eşlenik gradyan algoritması ile elde edilen değerler (Tablo 5.4) incelendiğinde model mimarisinde en optimum sonuç veren yapı gizli katmanda 8 nöron seçilmesi durumunda elde edilmiştir.

Tablo 5.4 SO_2 için S-şekilli aktivasyon fonksiyonu* S-şekilli aktivasyon fonksiyonu* ölçekli eşlenik gradyan algoritması ile elde edilen değerler

Nöron sayısı	D4							
	R^2				**RMSE**			
	Eğitim	Test	Kontrol	Genel	Eğitim	Test	Kontrol	Genel
Nöron-1	0.81	0.87	0.84	0.88	36.44	37.50	56.40	42.25
Nöron-2	0.81	0.88	0.84	0.87	36.43	35.96	59.10	42.77
Nöron-3	0.83	0.90	0.83	0.88	32.41	32.74	61.70	41.30
Nöron-4	0.82	0.88	0.84	0.88	34.59	35.04	60.34	42.20
Nöron-5	0.81	0.88	0.83	0.88	35.10	35.33	60.06	42.38
Nöron-6	0.82	0.89	0.86	0.89	33.62	33.23	56.89	40.25
Nöron-7	0.83	0.90	0.86	0.90	31.01	32.01	57.03	38.97
Nöron-8	0.82	0.90	0.86	0.90	32.95	32.78	56.28	39.67
Nöron-9	0.82	0.89	0.84	0.88	33.52	33.92	60.81	41.69
Nöron-10	0.81	0.89	0.85	0.88	37.06	33.48	60.47	42.97

SO_2 için hiperbolik tanjant aktivasyon fonksiyonu, hiperbolik tanjant aktivasyon fonksiyonu, gradyan azalma algoritması ile elde edilen değerler (Tablo 5.5) incelendiğinde model mimarisinde en optimum sonuç veren yapı gizli katmanda 9 nöron seçilmesi durumunda elde edilmiştir.

Tablo 5.5. SO_2 için hiperbolik tanjant aktivasyon fonksiyonu*hiperbolik tanjant aktivasyon fonksiyonu*gradyan azalma algoritması ile elde edilen değerler

Nöron sayısı	E5							
	R^2				**RMSE**			
	Eğitim	Test	Kontrol	Genel	Eğitim	Test	Kontrol	Genel
Nöron-1	0.91	0.81	0.86	0.88	36.14	36.14	55.13	41.41
Nöron-2	0.82	0.89	0.79	0.87	33.65	34.51	64.90	43.29
Nöron-3	0.80	0.90	0.83	0.87	37.11	32.68	58.80	42.28
Nöron-4	0.82	0.88	0.78	0.87	33.21	34.50	65.92	43.48
Nöron-5	0.82	0.88	0.84	0.88	33.20	34.65	59.29	41.19
Nöron-6	0.83	0.87	0.81	0.88	31.10	35.90	61.98	41.57
Nöron-7	0.82	0.88	0.85	0.88	34.34	34.96	57.16	41.12
Nöron-8	0.81	0.90	0.83	0.87	36.01	33.77	60.16	42.47
Nöron-9	0.82	0.89	0.84	0.89	34.30	33.01	58.72	41.11
Nöron-10	0.83	0.89	0.81	0.88	31.54	34.35	62.21	41.49

SO_2 için hiperbolik tanjant aktivasyon fonksiyonu, S-şekilli aktivasyon fonksiyonu, gradyan azalma algoritması ile elde edilen değerler (Tablo 5.6) incelendiğinde model mimarisinde en optimum sonuç veren yapı gizli katmanda 9 nöron seçilmesi durumunda elde edilmiştir.

Tablo 5.6. SO_2 için hiperbolik tanjant aktivasyon fonksiyonu* S-şekilli aktivasyon fonksiyonu* gradyan azalma algoritması ile elde edilen değerler

Nöron sayısı	F6							
	R^2				**RMSE**			
	Eğitim	Test	Kontrol	Genel	Eğitim	Test	Kontrol	Genel
Nöron-1	0.80	0.87	0.86	0.88	37.13	36.92	55.44	42.12
Nöron-2	0.82	0.90	0.82	0.87	34.20	32.87	61.77	42.08
Nöron-3	0.81	0.87	0.86	0.87	36.81	37.08	55.65	42.08
Nöron-4	0.82	0.88	0.86	0.87	33.90	35.05	57.14	40.85
Nöron-5	0.83	0.90	0.83	0.88	32.87	32.96	60.29	41.04
Nöron-6	0.81	0.89	0.83	0.88	36.35	35.30	58.74	42.47
Nöron-7	0.80	0.88	0.84	0.88	37.71	35.92	57.16	42.70
Nöron-8	0.82	0.88	0.83	0.87	35.01	35.67	60.27	42.49
Nöron-9	0.83	0.89	0.78	0.89	32.37	33.40	67.89	43.65
Nöron-10	0.83	0.88	0.85	0.88	33.15	35.23	57.36	40.65

SO_2 için S-şekilli aktivasyon fonksiyonu, hiperbolik tanjant aktivasyon fonksiyonu, gradyan azalma algoritması ile elde edilen değerler (Tablo 5.7) incelendiğinde model mimarisinde en optimum sonuç veren yapı gizli katmanda 6 nöron seçilmesi durumunda elde edilmiştir.

Tablo 5.7. SO_2 için S-şekilli aktivasyon fonksiyonu* hiperbolik tanjant aktivasyon fonksiyonu* gradyan azalma algoritması ile elde edilen değerler

Nöron sayısı	G7							
	R^2				**RMSE**			
	Eğitim	Test	Kontrol	Genel	Eğitim	Test	Kontrol	Genel
Nöron-1	0.81	0.88	0.86	0.88	35.96	36.41	54.64	41.16
Nöron-2	0.81	0.89	0.85	0.87	35.46	34.89	60.35	42.51
Nöron-3	0.80	0.89	0.85	0.87	36.79	34.81	58.08	42.26
Nöron-4	0.81	0.89	0.85	0.87	35.56	34.29	55.87	40.90
Nöron-5	0.82	0.89	0.87	0.88	34.95	34.58	53.89	40.07
Nöron-6	0.83	0.91	0.86	0.88	32.52	31.49	56.64	39.27
Nöron-7	0.82	0.90	0.86	0.88	33.41	32.24	56.16	39.64
Nöron-8	0.82	0.89	0.86	0.87	34.51	34.14	55.49	40.29
Nöron-9	0.82	0.89	0.86	0.89	34.53	33.73	57.09	40.73
Nöron-10	0.82	0.89	0.84	0.88	34.67	34.46	61.30	42.35

SO_2 için S-şekilli aktivasyon fonksiyonu, S-şekilli aktivasyon fonksiyonu, gradyan azalma algoritması ile elde edilen değerler (Tablo 5.8) icelendiğinde model

mimarisinde en optimum sonuç veren yapı gizli katmanda 8 nöron seçilmesi durumunda elde edilmiştir.

Tablo 5.8. SO_2 için S-şekilli aktivasyon fonksiyonu* S-şekilli aktivasyon fonksiyonu* gradyan azalma algoritması ile elde edilen değerler

Nöron sayısı	H8							
	R^2				**RMSE**			
	Eğitim	Test	Kontrol	Genel	Eğitim	Test	Kontrol	Genel
Nöron-1	0.81	0.88	0.86	0.88	37.25	36.81	54.75	41.39
Nöron-2	0.82	0.90	0.81	0.87	33.39	32.95	63.72	42.45
Nöron-3	0.83	0.90	0.83	0.89	32.41	31.72	61.42	41.00
Nöron-4	0.81	0.88	0.86	0.88	35.73	34.65	59.71	42.39
Nöron-5	0.82	0.90	0.86	0.89	34.22	31.51	59.27	40.95
Nöron-6	0.82	0.89	0.85	0.88	34.77	33.42	59.62	41.69
Nöron-7	0.81	0.89	0.86	0.88	34.98	34.40	56.35	40.91
Nöron-8	0.83	0.90	0.85	0.90	31.80	31.82	57.76	39.50
Nöron-9	0.83	0.91	0.81	0.88	30.89	31.37	64.07	41.29
Nöron-10	0.81	0.89	0.85	0.88	35.11	34.25	57.47	41.29

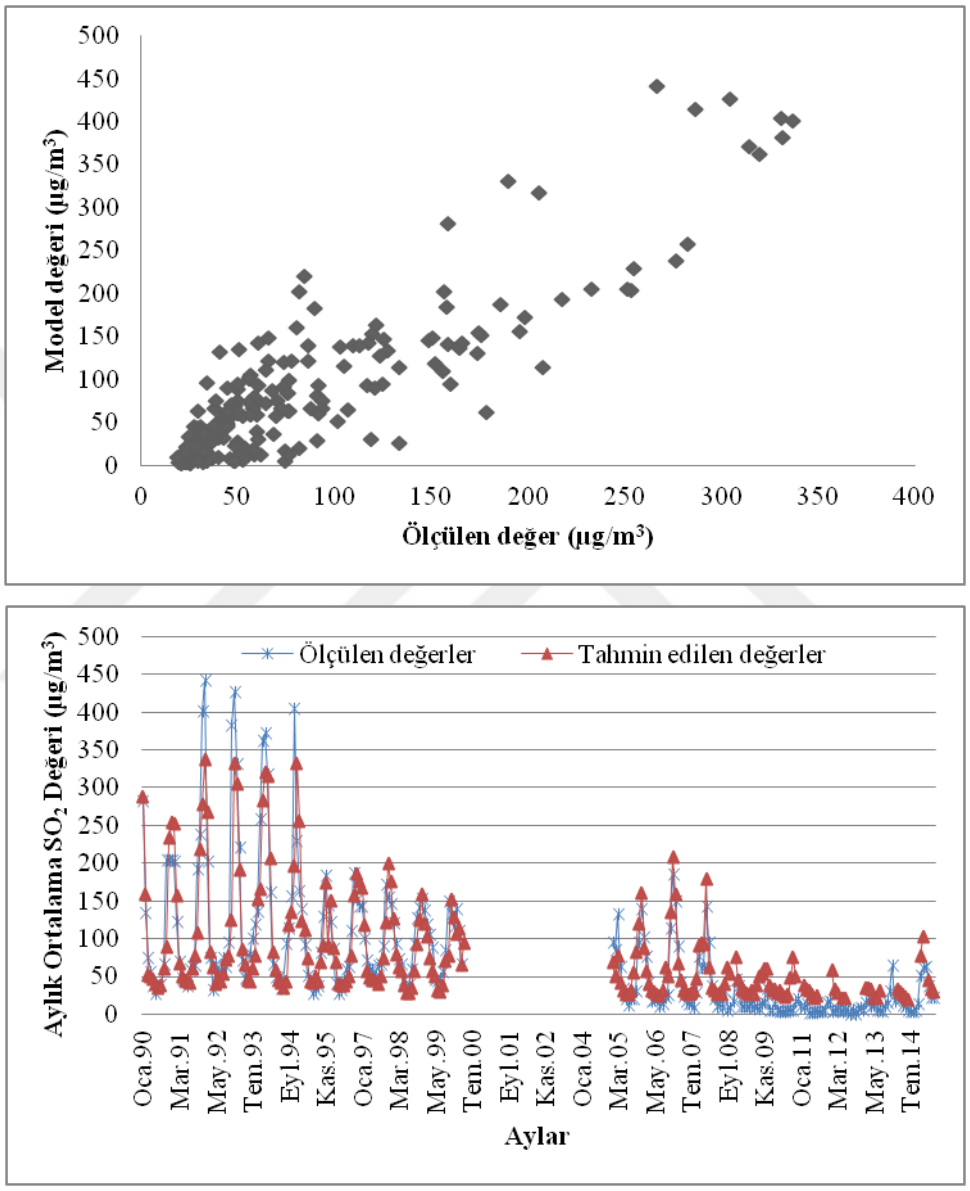
Uygulanan sekiz farklı kombinasyon ve on farklı nöron sayısa için YSA ile elde edilen en iyi durumlar Tablo 5.9'da verilmektedir.

Tablo 5.9. SO_2 için YSA ile elde edilen en iyi sonuçlar

	SO_2		
	Nöron Sayısı	**R^2**	**RMSE**
A1	7	0.90	39.32
B2	9	0.89	39.88
C3	3	0.89	39.71
D4	8	0.90	39.67
E5	7	0.89	41.11
F6	9	0.89	40.65
G7	9	0.89	39.27
H8	8	0.90	39.50

Sonuç olarak SO_2 için sekiz kombinasyondan en iyi sonuç SO_2 için hiperbolik tanjant aktivasyon fonksiyonu, hiperbolik tanjant aktivasyon fonksiyonu ve ölçekli

eşlenik gradyan algoritması (A1) ile elde edilmiştir. Bu durumda R^2 değeri 0.90, RMSE değeri ise 39.32 olarak gerçekleşmiştir. Şekil 5.1'de SO_2 için model ve tahmin sonuçları grafiksel olarak gösterilmektedir.



Şekil 5.1.SO_2 için en iyi YSA mimarisi ile elde edilen sonuçlar ve gerçek değerler arasındaki ilişki

5.3.1. PM Parametresi için En İyi YSA Mimarisinin Belirlenmesi

PM parametresi için daha önce belirlenmiş olan sekiz farklı YSA konfigürasyonu için elde edilen sonuçlar Tablo 5.10-5.16'da sunulmaktadır.

PM için hiperbolik tanjant aktivasyon fonksiyonu* hiperbolik tanjant aktivasyon fonksiyonu ve ölçekli eşlenik gradyan algoritması ile elde edilen değerler (Tablo 5.10) incelendiğinde model mimarisinde en optimum sonuç veren yapı gizli katmanda 6 nöron seçilmesi durumunda elde edilmiştir.

Tablo 5.10. PM için hiperbolik tanjant aktivasyon fonksiyonu* hiperbolik tanjant aktivasyon fonksiyonu ve ölçekli eşlenik gradyan algoritması ile elde edilen değerler

Nöron sayısı	A1							
	R^2				**RMSE**			
	Eğitim	Test	Kontrol	Genel	Eğitim	Test	Kontrol	Genel
Nöron-1	0.69	0.76	0.86	0.77	38.38	29.60	25.16	33.49
Nöron-2	0.70	0.76	0.85	0.78	32.54	29.75	26.01	33.30
Nöron-3	0.70	0.75	0.86	0.78	32.80	29.84	25.31	33.32
Nöron-4	0.69	0.75	0.85	0.77	33.23	29.68	25.47	33.53
Nöron-5	0.69	0.75	0.85	0.78	32.93	29.70	25.47	33.38
Nöron-6	0.70	0.75	0.85	0.78	32.30	29.93	25.55	33.14
Nöron-7	0.70	0.75	0.84	0.78	32.52	29.97	26.15	33.37
Nöron-8	0.70	0.76	0.85	0.78	33.05	29.41	25.74	33.43
Nöron-9	0.69	0.74	0.85	0.77	32.81	30.39	25.39	33.47
Nöron-10	0.68	0.75	0.85	0.77	33.82	29.51	25.51	34.50

PM için hiperbolik tanjant aktivasyon fonksiyonu, S-şekilli aktivasyon fonksiyonu, ölçekli eşlenik gradyan algoritması ile elde edilen değerler (Tablo 5.11) incelendiğinde model mimarisinde en optimum sonuç veren yapı gizli katmanda 8 nöron seçilmesi durumunda elde edilmiştir.

Tablo 5.11. PM için hiperbolik tanjant aktivasyon fonksiyonu*S-şekilli aktivasyon fonksiyonu* ölçekli eşlenik gradyan algoritması ile elde edilen değerler

Nöron sayısı	B2							
	R^2				**RMSE**			
	Eğitim	Test	Kontrol	Genel	Eğitim	Test	Kontrol	Genel
Nöron-1	0.69	0.74	0.86	0.78	32.75	30.38	25.12	30.49
Nöron-2	0.69	0.75	0.86	0.77	33.35	29.98	25.04	30.70
Nöron-3	0.70	0.75	0.86	0.78	32.32	29.94	24.68	30.06
Nöron-4	0.70	0.75	0.84	0.77	32.80	30.14	26.59	30.75
Nöron-5	0.70	0.76	0.84	0.78	32.37	29.77	26.71	30.45
Nöron-6	0.62	0.74	0.86	0.78	32.53	30.46	24.54	30.28
Nöron-7	0.70	0.75	0.85	0.78	32.81	29.86	25.47	30.46
Nöron-8	0.71	0.75	0.86	0.79	31.88	29.83	25.47	33.01
Nöron-9	0.69	0.74	0.85	0.77	32.98	30.13	25.70	30.66
Nöron-10	0.62	0.74	0.84	0.77	33.26	29.92	26.50	30.92

PM için S-şekilli aktivasyon fonksiyonu, hiperbolik tanjant aktivasyon fonksiyonu, ölçekli eşlenik gradyan algoritması ile elde edilen değerler (Tablo 5.12) incelendiğinde model mimarisinde en optimum sonuç veren yapı gizli katmanda 5 nöron seçilmesi durumunda elde edilmiştir.

Tablo 5.12. PM için S-şekilli aktivasyon fonksiyonu* hiperbolik tanjant aktivasyon fonksiyonu* ölçekli eşlenik gradyan algoritması ile elde edilen değerler

Nöron sayısı	C3							
	R2				**RMSE**			
	Eğitim	Test	Kontrol	Genel	Eğitim	Test	Kontrol	Genel
Nöron-1	0.70	0.75	0.85	0.78	32.68	30.06	25.39	30.42
Nöron-2	0.68	0.74	0.86	0.77	33.21	30.45	24.75	30.69
Nöron-3	0.70	0.76	0.85	0.78	32.69	29.62	25.87	30.41
Nöron-4	0.70	0.75	0.85	0.78	32.95	29.97	25.75	30.61
Nöron-5	0.70	0.75	0.86	0.78	32.59	30.06	25.16	30.33
Nöron-6	0.68	0.75	0.85	0.77	33.56	29.91	25.78	30.94
Nöron-7	0.69	0.76	0.84	0.77	32.88	29.75	26.22	30.62
Nöron-8	0.70	0.75	0.85	0.78	32.88	29.79	25.54	30.49
Nöron-9	0.70	0.75	0.84	0.77	32.92	29.85	26.70	30.76
Nöron-10	0.68	0.75	0.85	0.77	33.68	29.88	25.63	30.97

PM için S-şekilli aktivasyon fonksiyonu, S-şekilli aktivasyon fonksiyonu, ölçekli eşlenik gradyan algoritması ile elde edilen değerler (Tablo 5.13) incelendiğinde model mimarisinde en optimum sonuç veren yapı gizli katmanda8 nöron seçilmesi durumunda elde edilmiştir.

Tablo 5.13. PM için S-şekilli aktivasyon fonksiyonu* S-şekilli aktivasyon fonksiyonu* ölçekli eşlenik gradyan algoritması ile elde edilen değerler

Nöron sayısı	D4							
	R^2				**RMSE**			
	Eğitim	Test	Kontrol	Genel	Eğitim	Test	Kontrol	Genel
Nöron-1	0.70	0.72	0.85	0.78	32.23	31.57	25.27	30.56
Nöron-2	0.70	0.75	0.86	0.78	32.63	30.18	25.05	30.36
Nöron-3	0.70	0.75	0.85	0.78	32.58	30.15	25.19	30.35
Nöron-4	0.69	0.75	0.86	0.78	32.82	30.14	25.25	30.49
Nöron-5	0.69	0.75	0.85	0.78	32.81	29.96	25.30	30.45
Nöron-6	0.69	0.75	0.85	0.78	32.95	29.86	25.24	30.49
Nöron-7	0.69	0.75	0.85	0.78	32.98	29.92	25.39	30.55
Nöron-8	0.69	0.75	0.86	0.78	32.93	29.87	24.94	30.29
Nöron-9	0.69	0.75	0.85	0.77	32.97	29.87	25.77	30.61
Nöron-10	0.70	0.76	0.85	0.78	32.64	29.71	25.49	30.33

PM için hiperbolik tanjant aktivasyon fonksiyonu*hiperbolik tanjant aktivasyon fonksiyonu*gradyan azalma algoritması ile elde edilen değerler (Tablo 5.14) incelendiğinde model mimarisinde en optimum sonuç veren yapı gizli katmanda 3 nöron seçilmesi durumunda elde edilmiştir.

Tablo 5.14. PM için hiperbolik tanjant aktivasyon fonksiyonu*hiperbolik tanjant aktivasyon fonksiyonu*gradyan azalma algoritması ile elde edilen değerler

Nöron sayısı	E5							
	R^2				**RMSE**			
	Eğitim	Test	Kontrol	Genel	Eğitim	Test	Kontrol	Genel
Nöron-1	0.70	0.75	0.85	0.78	32.77	30.26	25.25	30.49
Nöron-2	0.70	0.75	0.86	0.78	32.76	30.22	24.97	30.43
Nöron-3	0.70	0.75	0.87	0.78	32.37	30.14	24.07	30.02
Nöron-4	0.70	0.76	0.85	0.78	32.66	29.38	25.82	30.32
Nöron-5	0.70	0.74	0.86	0.78	32.85	30.43	25.40	30.61
Nöron-6	0.69	0.75	0.85	0.78	32.88	29.88	25.22	30.45
Nöron-7	0.70	0.77	0.86	0.78	32.72	29.24	24.84	30.13
Nöron-8	0.69	0.75	0.86	0.78	32.87	29.86	24.88	30.37
Nöron-9	0.67	0.76	0.85	0.77	33.91	29.43	25.77	31.01
Nöron-10	0.69	0.75	0.85	0.78	32.45	30.07	25.44	30.31

PM için hiperbolik tanjant aktivasyon fonksiyonu, S-şekilli aktivasyon fonksiyonu, gradyan azalma algoritması ile elde edilen değerler (Tablo 5.15) incelendiğinde model mimarisinde en optimum sonuç veren yapı gizli katmanda 3 nöron seçilmesi durumunda elde edilmiştir.

Tablo 5.15. PM için hiperbolik tanjant aktivasyon fonksiyonu* S-şekilli aktivasyon fonksiyonu* gradyan azalma algoritması ile elde edilen değerler

Nöron sayısı	F6							
	R^2				**RMSE**			
	Eğitim	Test	Kontrol	Genel	Eğitim	Test	Kontrol	Genel
Nöron-1	0.67	0.74	0.86	0.77	33.58	30.66	25.41	31.07
Nöron-2	0.69	0.75	0.86	0.77	33.26	30.27	24.75	30.67
Nöron-3	0.70	0.75	0.86	0.78	32.34	30.18	25.05	30.20
Nöron-4	0.69	0.75	0.85	0.77	33.01	29.99	25.59	30.62
Nöron-5	0.70	0.75	0.85	0.78	32.51	29.79	25.42	30.27
Nöron-6	0.70	0.75	0.85	0.78	32.36	30.12	26.12	30.41
Nöron-7	0.69	0.76	0.86	0.78	32.75	29.97	25.44	30.45
Nöron-8	0.68	0.75	0.86	0.77	33.71	30.08	25.22	30.96
Nöron-9	0.70	0.75	0.85	0.78	32.93	30.06	25.61	30.60
Nöron-10	0.69	0.76	0.85	0.78	33.08	29.61	25.20	30.49

PM için S-şekilli aktivasyon fonksiyonu, hiperbolik tanjant aktivasyon fonksiyonu, gradyan azalma algoritması ile elde edilen değerler (Tablo 5.16) incelendiğinde

model mimarisinde en optimum sonuç veren yapı gizli katmanda 1 nöron seçilmesi durumunda elde edilmiştir.

Tablo 5.16. PM için S-şekilli aktivasyon fonksiyonu* hiperbolik tanjant aktivasyon fonksiyonu* gradyan azalma algoritması ile elde edilen değerler

Nöron sayısı	G7							
	R^2				**RMSE**			
	Eğitim	Test	Kontrol	Genel	Eğitim	Test	Kontrol	Genel
Nöron-1	0.69	0.75	0.86	0.62	32.79	29.90	24.92	30.21
Nöron-2	0.70	0.76	0.85	0.76	32.44	29.67	25.48	30.41
Nöron-3	0.70	0.76	0.85	0.78	32.72	29.77	25.59	30.41
Nöron-4	0.69	0.75	0.86	0.78	33.01	29.77	25.21	30.49
Nöron-5	0.69	0.77	0.85	0.77	33.20	29.82	25.51	30.67
Nöron-6	0.69	0.75	0.85	0.77	33.03	29.91	25.53	30.60
Nöron-7	0.70	0.75	0.85	0.78	32.54	29.92	25.87	30.40
Nöron-8	0.69	0.75	0.85	0.77	33.19	29.96	25.74	30.74
Nöron-9	0.69	0.75	0.85	0.77	33.14	30.02	25.54	30.69
Nöron-10	0.69	0.76	0.85	0.77	33.10	29.70	25.65	30.61

PM için S-şekilli aktivasyon fonksiyonu, S-şekilli aktivasyon fonksiyonu, gradyan azalma algoritması ile elde edilen değerler (Tablo 5.17) incelendiğinde model mimarisinde en optimum sonuç veren yapı gizli katmanda 2 nöron seçilmesi durumunda elde edilmiştir.

Tablo 5.17. PM için S-şekilli aktivasyon fonksiyonu* S-şekilli aktivasyon fonksiyonu* gradyan azalma algoritması ile elde edilen değerler

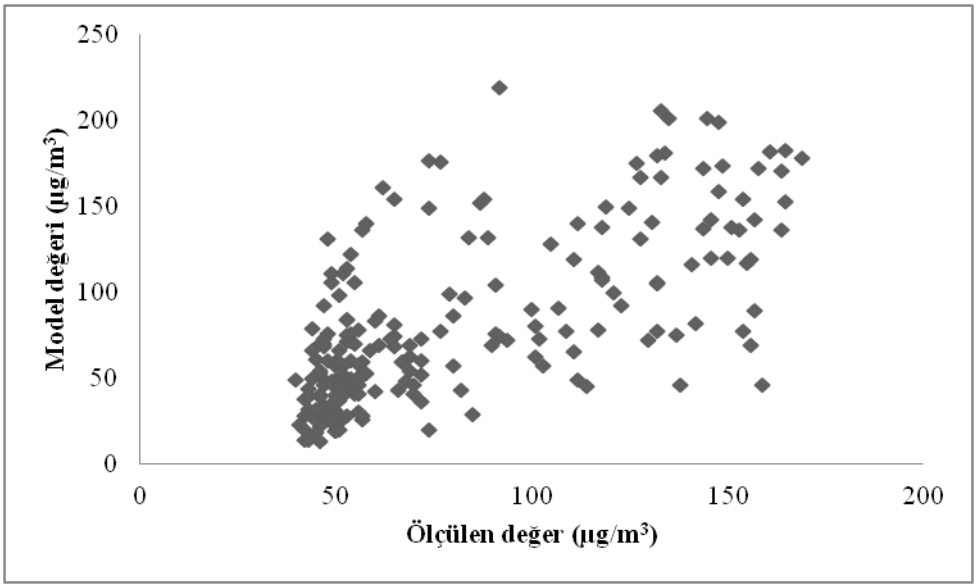
Nöron sayısı	H8							
	R^2				**RMSE**			
	Eğitim	Test	Kontrol	Genel	Eğitim	Test	Kontrol	Genel
Nöron-1	0.70	0.74	0.85	0.78	32.48	30.53	25.63	30.48
Nöron-2	0.70	0.74	0.85	0.78	32.26	30.28	25.32	30.24
Nöron-3	0.70	0.75	0.85	0.78	32.27	30.07	25.73	30.27
Nöron-4	0.69	0.75	0.86	0.78	33.00	30.00	24.73	30.45
Nöron-5	0.69	0.75	0.85	0.78	32.72	29.82	25.46	30.39
Nöron-6	0.69	0.75	0.86	0.77	33.27	29.96	25.19	30.68
Nöron-7	0.69	0.75	0.85	0.77	33.20	29.87	25.41	30.66
Nöron-8	0.69	0.75	0.85	0.77	33.10	29.96	25.85	30.72
Nöron-9	0.70	0.76	0.85	0.78	32.61	29.70	25.62	30.34
Nöron-10	0.70	0.75	0.84	0.78	32.53	29.90	26.48	30.52

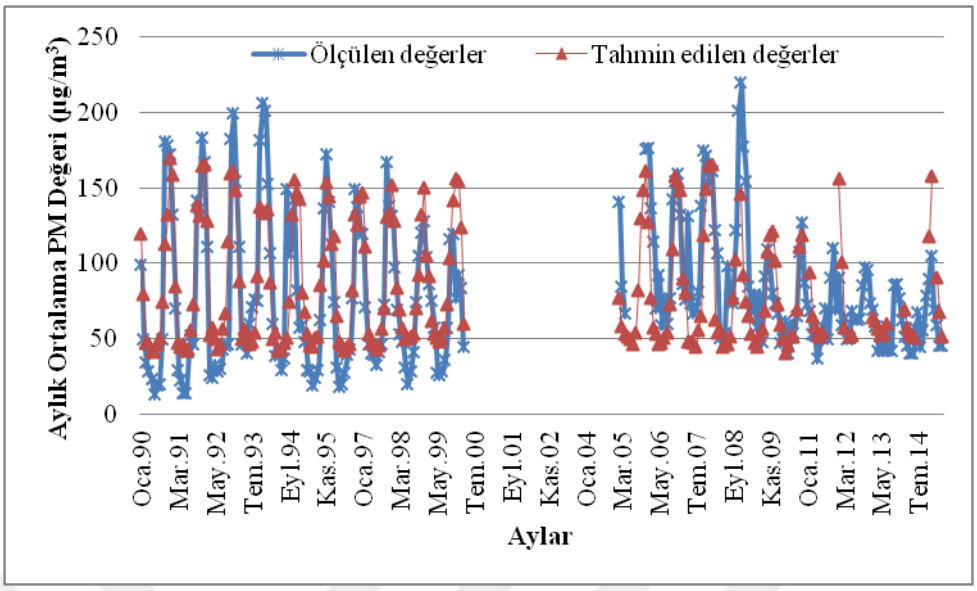
Uygulanan sekiz farklı kombinasyon ve on farklı nöron sayısa için YSA ile elde edilen en iyi durumlar Tablo 5.18'de verilmektedir.

Tablo 5.18. PM için YSA ile elde edilen en iyi sonuçlar

	PM		
	Nöron Sayısı	**R^2**	**RMSE**
A1	6	0.78	33.14
B2	8	0.79	33.01
C3	5	0.78	30.33
D4	8	0.78	30.29
E5	7	0.78	30.02
F6	3	0.78	30.20
G7	7	0.78	30.21
H8	2	0.78	30.24

Sonuç olarak PMiçin sekiz kombinasyondan en iyi sonuç PM için hiperbolik tanjant aktivasyon fonksiyonu, S-şekilli aktivasyon fonksiyonu, ölçekli eşlenik gradyan algoritması (B2) ile elde edilmiştir. Bu durumda R^2 değeri 0.79, RMSE değeri ise 33.01 olarak gerçekleşmiştir. Şekil 5.2'de PM için model ve tahmin sonuçları grafiksel olarak gösterilmektedir.





Şekil 5.2. PM için en iyi YSA mimarisi ile elde edilen sonuçlar ve gerçek değerler arasındaki ilişki

5.4. Sonuç

Çalışmada ölçülmüş hava kirletici parametre derişimleri (PM ve SO_2) ile çeşitli meteorolojik faktörlerin etkileşiminden yararlanılarak bir sonraki ay için hava kirletici derişimlerinin tahmini yapılmıştır. Kirletici derişimlerinin meteorolojik faktörlerle ilişkisinin modellenmesi için Yapay Sinir Ağları (YSA) modelleri geliştirilmiştir. Bu modellerde bağımlı değişken kirletici derişimleri(PM ve SO_2), bağımsız değişkenler ise bir önceki aya ait derişimler, aylık ortalama hava sıcaklığı, aylık ortalama rüzgâr hızı, aylık toplam yağış ve aylık ortalama bağıl nem olarak belirlenmiştir.

Yapay Sinir Ağları (YSA) yöntemi kullanılan yaklaşımla sınırlı miktarda ve kolay temin edilebilen veriler kullanılarak da başarılı sonuçlar elde edilebilmiştir. Modelleme yöntemi olan yapay sinir ağları modeli uygulanmış, böylece eksik verilerin modeli olumsuz etkilemesinin önüne geçilmiştir.

Model mimarisinde aktivasyon fonksiyonları olarak Hiperbolik tanjant fonksiyon ve Ölçekli eşlenik gradyan ileri yayılım algoritmaları ile çalışıldığında daha iyi değerler elde edilmiştir. Ancak diğer konfigürasyonlarla elde edilen sonuçlar da makuldür. Farklı konfigürasyonlarla daha iyi sonuçların elde edilmesi mümkün olabilir.

PM ve SO_2 için en iyi RMSE ve R^2 değerleri farklı algoritmalarda, farklı nöron sayılarında elde edilmiştir. RMSE değerinin küçülmesiyle modelin başarı oranının arttığı sonucu çıkarılır. Çünkü bu değer modelin toplam hatası ile tahmin edilen değer arasındaki ilişkiyi göstermektedir. Bu doğrultuda elde edilen sonuçlar incelenmiş ve en küçük RMSE değerinin elde edildiği nöron sayısının model mimarisindeki en optimum sonucu veren sayı olduğu belirtilmiştir. Farklı nöron sayıları ve model mimarilerinin de geliştirilmesi ile daha iyi tahmin sonuçlarının elde edilmesi mümkün olacaktır.

Bu sonuçlar YSA yaklaşımı kullanılarak hava kirletici derişimlerive meteorolojik faktörler arasındaki ilişkilerin modellenebileceğini göstermiştir.

6. BÖLÜM

SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Çalışmanın ilk aşamasında ölçülmüş SO_2 ve PM verileri (1990-2015) kullanılarak zaman içerisindeki hava kalitesi değişimleri izlenmiş, sınır değerlerle karşılaştırılmış ve hava kirletici parametreler ile meteorolojik faktörler arasındaki ilişkiler incelenmiştir. Özellikle kış sezonunda (Ekim- Mart) hava kalitesinin önemli ölçüde azaldığı gözlenmiştir.

Yirmi beş yıl (1990-2015) için yıllık ortalama SO_2 düzeyi 72 μg/m³ olarak gerçekleşmiştir. Yıllık SO_2 değeri 5-184 μg/m³ arasında değişmiş ve standart sapması 56 μg/m³ olarak gerçekleşmiştir. Minimum ortalama değer 2012 yılında (5 μg/m³), maksimum ortalama değer ise 1993 yılında (184 μg/m³) gerçekleşmiştir. 1990-2015 dönemi için ortalama PM düzeyi 80 μg/m³ olarak tespit edilmiştir. Yıllık ortalama PM değeri 59-113 μg/m³ arasında değişmiş ve standart sapması 18 μg/m³ olarak gerçekleşmiştir. Minimum değer 2012 yılında (59 μg/m³), maksimum değer 2007 yılında (113 μg/m³) gerçekleşmiştir.

SO_2 için azalma hızı yaklaşık 13 $\mu g/m^3$/yıl ve ocak ayı için en yüksektir 1990-2015 döneminde en yüksek ortalama aylık SO_2 değeri, Ocak ayında (154 μg/m³) ve en düşük ortalama aylık SO_2 değeri ise temmuz ayında (24 μg/m³) gerçekleşmiştir. Bu durum SO_2 kirliliğinin Kahramanmaraş'ta çoğunlukla ısınma amaçlı yakıt kullanımından kaynaklandığını ve bu kirliliğin kaynağının özellikle doğalgaz ve kaliteli kömür kullanımı gibi tedbirlerle kontrol altına alınmasından dolayı olabileceğini düşündürmektedir.

PM derişimi ortalamasının da yine en yüksek değerlere kış aylarında ulaştığı görülmüştür. Aralık ayında 137 $\mu g/m^3$ve ocak ayında 133 $\mu g/m^3$ ile en yüksek değerler

gözlenirken, temmuz ve ağustos aylarında en düşük değerler (44 μg/m^3 ve 40 μg/m^3) gözlenmiştir.

Isınma sezonu (Ekim-Mart) için ortalama SO_2 düzeyi 112 μg/m³'tür. SO_2 düzeyi 5-289 μg/m³ aralığında değişmiş (maksimum değer 1993 yılında, minimum değer 2012 yılında gerçekleşmiştir) ve yirmi beş yıl için standart sapma 56 μg/m³ olarak bulunmuştur. Isınma sezonu için en yüksek PM derişimi 206 μg/m³ ile 1993 yılında, en düşük derişimi ise 79 μg/m³ ile 2011 yılında gerçekleşmiştir. Isınma sezonu ortalama PM değeri 133 μg/m³'tür (standart sapma 41 μg/m³). Yıllık ve ısınma sezonuna ait verilerin istatistiksel analizleri, SO_2'in hem yıllık hem de ısınma sezonu bazında 1990-2015 döneminde PM'ye nispeten daha değişken olduğunu göstermiştir.

Çalışmanın bu kısmında meteorolojik faktörlerle (rüzgar hısı, sıcaklık, bağıl nem) kirletici parametreler arasındaki ilişki de incelenmiştir. Buna göre SO_2 ve PM düzeyleri en güçlü olarak aylık ortalama sıcaklık düzeyleri ile ilişkilidir. Her iki parametre ile aylık ortalama sıcaklık arasındaki ilişki negatiftir (R değerleri SO_2 ve PM için sırasıyla -0.55 ve -0.66): yani sıcaklık yüksek ise SO_2 ve PM düzeyleri düşük gerçekleşmektedir. Ayrıca doğalgaz kullanımının artmasıyla hava kalitesinde artış olduğu gözlenmiştir.

Çalışmanın ikinci aşamasında Kahramanmaraş'a ait emisyon envanterlenmesi gerçekleştirilmiştir. Isınma, sanayi ve trafik kaynaklı oluşan emisyon miktarları 2015 yılı için hesaplanmıştır. EEA'nın belirlediği emisyon faktörlerinin tüketilen yakıt miktarları ile ilişkilendirilmesiyle yıllık oluşan PM, SO_2, NO_x ve CO emisyonları hesaplanmıştır.

Kahramanmaraş il merkezinde 2015 yılında ısınma amaçlı kullanılan toplam 312000 ton yakıtlardan 4062 ton SO_2, 1092 ton PM, 1115 ton NO_x ve 11964 ton CO emisyonu oluştuğu görülmüştür. Trafik kaynaklı oluşan emisyonlar ise PM 260 ton, SO_2 570 ton, CO 1405 ton, NO_x 1509 ton olarak belirlenmiştir. Sanayi kaynaklı 563570 ton yakıt kullanılmış ve bundan kaynaklanan PM 731 ton, SO_2 7023 ton, NO_x 3161 ton, CO 153 ton kirleticinin atmosfere salındığı gözlenmiştir. Buna göre PM büyük ölçüde ısınmadan, SO_2 ise sanayiden kaynaklı oluşmaktadır.

Emisyon envanteri hazırlanması aşamasında kullanılan emisyon faktörlerinin dünya genelinde kabul görmüş değerler olmasına karşın; ülkeye özgü emisyon faktörlerinin

geliştirilmesinin envanterin gerçeğe yakınlık oranını ve tutarlılığını artıracak bir gelişme olacağı düşünülmektedir. Ayrıca trafik ve sanayi kaynaklı emisyonların etkin şekilde izlenmesi, uygun mevkilere mobil veya sabit hava izleme istasyonlarının konumlandırılmasının gerekli olduğu düşünülmektedir.

Çalışmanın son bölümünde ise yapay sinir ağları metodu kullanılarak hava kalitesi modellemesi gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla oluşturulan çeşitli ağ mimarileri içerisinden en iyi sonuç veren modelin belirlenmesi sağlanmıştır. Oluşturulan sekiz farklı model kambinsayonu ve gizli katmanda her model için 1-10 nöron olması durumlarında oluşan R^2 ve RMSE değerleri (PM ve SO_2 için ayrı ayrı) karşılaştırılarak optimuma en yakın sonucu veren (hata oranı en az olan) model kombinasyonu belirlenmiştir.

Model girdisi, her bir istasyon için, hava sıcaklığı, rüzgâr hızı, bağıl nem ve önceki aya ait ortalama kirletici derişimleri oluşmuştur. Model çıktısı aylık ortalama kirletici derişimleri oluşmaktadır. Verilerin %50'si modelin eğitilmesi ve %25'i test edilmesi ve kalan %25'i ise kontrol için kullanılmıştır. Modelin eğitilmesinde iki değişik algoritma kullanılmıştır. Bu algoritmalar ölçekli eşlenik gradyan ve gradyan azalma algoritmalarıdır.

Sonuç olarak PM için sekiz kombinasyondan en iyi sonuç PM için hiperbolik tanjant aktivasyon fonksiyonu, S-şekilli aktivasyon fonksiyonu, ölçekli eşlenik gradyan algoritması ile elde edilmiştir. Bu durumda R^2 değeri 0.79, RMSE değeri ise 33.01 olarak gerçekleşmiştir.SO_2 için sekiz kombinasyondan en iyi sonuç SO_2 için hiperbolik tanjant aktivasyon fonksiyonu, hiperbolik tanjant aktivasyon fonksiyonu ve ölçekli eşlenik gradyan algoritması ile elde edilmiştir. Bu durumda R^2 değeri 0.90, RMSE değeri ise 39.25 olarak gerçekleşmiştir.SO_2 tahminlerinde meteorolojik faktörle elde edilen sonuçların PM tahminindekilere göre doğruluk oranının daha yüksek olduğu sonucu ortaya çıkmıştır.

Hava kalitesini iyileştirmek ve bu amaçla eylem planları hazırlamak için gereken ilk aşama mevcut hava kalitesinin analiz edilmesi olduğundan, Kahramanmaraş'ta hava kalitesi izleme istasyonu sayısının artması ile ölçüm sonuçlarından elde edilen verilerin kentin hava kalitesini daha iyi temsil edeceği öngörülmektedir. Böylece mevcut hava kalitesi durumunun gerçeğe daha yakın olarak belirlenmesi ve buna yönelik alınabilecek hava kalitesi iyileştirme yöntemlerinin etkili şekilde belirlenmesi mümkün olacaktır.

İlgili kurumlarca envanterlemenin düzenli şekilde yapılmasıyla bu konuda daha iyi sonuçların alınması mümkün olacaktır.

Hava kalitesinin iyileştirilmesi için kısa vadede, orta vadede ve uzun vadede gerçekleştirilecek çözüm önerilerinin geliştirilmesi gerekmektedir. Kahramanmaraş'ta hava kalitesinin iyileştirilmesine yönelik uygulanabilir ve sürdürülebilir hava kalitesi yönetim planı yapılmalıdır. Düzensiz kentleşme ve çevre ile yeterince uyum sağlayamamış sanayileşmenin hava kalitesi için büyük risk oluşturduğu bilinmektedir. Isınma sistemleri, yakıt kalitesi ve yakma tekniklerinin gözden geçirilmesi ve iyileştirilmesi önem arz etmektedir. Doğalgaz kullanıcı sayısının artırılmasına yönelik teşvikler ile kömür yerine doğalgaz kullanımının artması sağlanmalıdır. Kullanılan kömür türleri için ise kükürt ve kül oranı düşük olanların kullanımı yaygınlaşmalıdır. Doğru yakma teknikleri ile, ateşleyici belgesine sahip kişiler tarafından bina yakma sistemleri kullanılmalıdır. Böylece ısı verimliliğinin artması ve az miktarda hava kirletici emisyonun oluşması sağlanacaktır. Binalarda ısı kaybını önleyici izolasyon önlemlerinin artırılması, merkezi ısıtma istemlerinin yaygınlaşması ve şehir planlamasında buna yönelik mimari dizaynların kullanılması gerekmektedir. Bu konunun Kahramanmaraş için oldukça önemli olduğu düşünülmektedir. Binalarda hava akımlarına izin vermeyen ve baca gazlarının yoğunlaşmasına neden olan yanlış yapılanmaların önüne geçilmesi gerekmektedir. Ayrıca kent genelinde enerji sistemi olarak yenilenebilir enerji sistemlerinin (güneş, jeotermal, rüzgar gibi) kullanımına geçilmesi sağlanmalıdır.

Sanayi tesislerinde daha az kirliliğe neden olan üretim teknolojileri ve prosedürlerin seçilmesi, mevcut üretim sistemlerinin gözden geçirilerek düzenlenmesi, organize bir enerji yönetim sisteminin belirlenmesi gerekmektedir. Sanayi tesislerine ait hava kirliliği kontrol sistemlerinin verimli şekilde işletilebilmesi için gerekli bakım ve iyileştirmelerin, gerekiyorsa modifikasyonlarının yapılması sağlanmalıdır.

Trafikten kaynaklanan hava kirliliğini azaltmak için yakıt üketimini azaltmaya ve motor verimliliğini artırmaya yönelik önlemlerin alınması gerekmektedir. Bunun için; toplu taşıma araçlarının kullanımının yaygınlaşması, bilhassa Kahramanmaraş'ta henüz olmayan elektrikli toplu taşıma sistemlerinin yapılması, trafikte yanlış sinyalizasyon sonucu araçların fazla beklemesine neden olan hataların giderilmesi ve trafik ışıklarının senkronize şekilde düzenlenmesinin sağlanması, araçların düzenli bakıma ve denetime

tabi tutulması, araçların üretimlerine uygun hızlarda kullanımının sağlanması,kent içihız sınırlarının belirlenmesi ve uygulanması, alternatif enerji ile çalışan araçların geliştirilmesi ve kullanılmasının yaygınlaştırılmasının etkili olacağı düşünülmektedir.

Kahramanmaraş gelişmekte olan bir şehir olduğu için hem sanayileşme hem çevreci bir il olma konusunda hedefler belirlenmeli ve kentin öncelikli çevre problemi olan hava kirliliği sorununa gereken önem verilerek bilinçli ve eğitimli kişilerin yardımıyla çözüme kavuşturulmalıdır.

KAYNAKLAR

Akyürek, Ö., Arslan, O., Karademir, A., 2013. SO_2 ve PM_{10} Hava kirliliği parametrelerinin CBS ile konumsal analizi: Kocaeli örneği, *TBMMOB Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi*, *11-13 Kasım, Ankara*.

Alyüz, U., Alp, K., 2014. Emission inventory of air pollutants in 2010 from industrial processes in Turkey, **Science of the Total Environment**, (488-489):369-381.

Antanasıjevıc, D.Z., Pocajt, V.V., Potrenovic, D.S., Ristic, M.D., 2013. PM_{10} emission forecasting using artificial neural networks and genetic algorithm input variable optimization, **Science of the Total Environment**, (443): 511-519.

Apaydın, D., 2014. Kayseri İli İçin Alansal Kaynaklı Emisyon Envanterinin Oluşturulması, Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Kayseri, 53 s.

Arriga-Colina, J.L., West J.J., Sosa, G., Escalona, S.S., Ordunez, R.M., Cervantes, A.D.M., 2004. Measurement of VOCs in Mexico City (1992-2001) and evoluation of VOCs and CO in the emission inventory, **Atmospheric Environment**, (38): 2523-2533.

Bai, Y.,Li,Y., Wang, X.,Xie, J., Li, C.,2016. Air pollutants concentrations forecasting using back propagation neural network based on wavelet decomposition with meteorological conditions, **Atmospheric Pollution Research**,(7): 557-566.

Baker, K.R., Foley, K.M., 2011. A nonlinear regression model estimating single source concentrations of primary and secondarily formed $PM_{2.5}$, **Atmospheric Environment**, (45):3758-3767.

Banerjee, T., Singh, S.B., Srivastava, R.K., 2011. Development and performance evaluation of statistical models correlating air pollution and meteorological variables at Pantnagar, India, **Atmospheric Research**, (99): 505-517.

Basheera, I.A., Hajmeer, M., 2000. Artificial neural networks: fundamentals,

computing, design, and application, **Journal of Microbiological Methods**, (43): 3-31.

Başar, P., Okyay, P., Ergin, F., Cosan, S., Yıldız A. 2005. Aydın ili kent merkezinde hava kirliliği /1997- 2004. **ADÜ Tıp Fakültesi Dergisi, (**6):11-15.

Biancofiore, F., Busilacchio, M., Verdecchia, M., Tomassett,, B., Aruffo E., Bianco, S., Di Tomasso, S., Colangeli, C., Rosatelli, G., Di Carlo, P., 2017. Recursive neural network model for analysis and forecast of PM_{10} and $PM_{2.5}$, **Atmospheric Pollution Research**, (8):652-659.

Chan, Y., Hawas, O., Hawker, D., Vowles, P., Cohen, D.D., Stelcer, E., Simpson, R., Golding, G., Chriensen, E., 2011. Using multiple type composition data and wind data in PMF analysis to apportion and locate sources of air pollutants, **Atmospheric Environment, (**45): 439-449.

Cheng, S., Dongsheng, C., Li,, J., 2012. A neural network based ensemble approach for improvıng the accuracy of meteorological fields used for regional air qualilty modeling, **Journal of Environment Management**, (112):404-414.

Çakır Sümer, G., 2014. Hava Kirliliği kontrolü: Türkiye'de hava kirliliğini önlemeye yönelik yasal düzenlemelerin ve örgütlerin incelenmesi, **International Journal of Economic and Administrative Studies**, (13): 37-56.

Çetin, Ş., Ayberk, S., Karademir, A., 2004. Kocaeli ilinde konutlardan kaynaklanan NOx emisyon envanteri, **Kocaeli Üniversitesi Fen ve Mühendislik Dergisi**, 6(3): 113-123.

Çetintürk Gürtepe, İ., Köksal, C.E., 2014. Ulusal hava kirleticileri emisyon envanteri, **Hava Kirliliği Araştırmaları Dergisi**, (3): 22-28.

ÇŞB, 2014.Kahramanmaraş İl Çevre Durum Raporu, Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü.

ÇŞB, 2015.Kahramanmaraş İl Çevre Durum Raporu, Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü.

ÇŞB, 2016. Kahramanmaraş İl Çevre Durum Raporu, Çevre ve Şehircilik İl

Müdürlüğü.

Çotuker, O. 2014. Çanakkale ilinin hava kalitesinin organik kirleticiler ve meteorolojik parametreler açısından araştırılması, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Çanakkale, Fen Bilimleri. Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 160 s.

Çukurluoğlu, S., Besim, T., 2015. Denizli organize sanayi bölgesi yakıt kaynaklı emisyon envanteri, **Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi**., (21):248-253.

Dadaşer Çelik F., Kırmacı H.K., 2011. Kayseri ili kent merkezinde kükürtdioksit ve partiküler madde değerlerindeki değişimlerin incelenmesi, **Ekoloji**, (79):83-92.

De Gennaro, G., Trizio,L., Di Gilio, A., Pey J., Perez, N., Cusack, M., Alastuey, A., Querol, X., 2013. Neural network model for the predıction of PM_{10} daily concentrations in two sites in western mediterranean, **Science of the Total Environment,** (463-464): 875-883.

Doğan F., Kitapçıoğlu, G., 2007. İzmir ilinde hava kirliliğinin yıllar itibariyle karşılaştırılması, **Ege Tıp Dergisi**, 129-133.

Dominick, D., Juhair, H., Latif, M. T., Zain, S.M., Aris, A.M., 2012. Spatial assesment of air quality patterns in Malaysia using multivariate analysis, **Atmospheric Environment**, (60): 172-181.

Donelly, A., Misstear B., Broderick, B., 2015. Real time air quality forecasting using integrated parametric and non-parametric regression techniques, **Atmospheric Environment**, (103):53-65.

Dong, L., Liang, H., 2014. Spatial analysis on China's regional air pollutants and CO_2 emissions: emission pattern and regional disparity, **Atmospheric Environment**, (92): 280- 291.

Döğeroğlu, T., 2010. Emisyon envanteri çalışmaları belirsizlikler ve QA/QC, Türkiye'de büyükşehirlerde hava kalitesi yönetiminin geliştirilmesi projesi, Proje Sunumu, Çevre ve Orman Bakanlığı, Ankara.

Eğri, M., 1997. 1996-1997 Kış döneminde Malatya il merkezi hava kirliliği parametrelerine meteorolojik koşulların etkisi, **İnönü Üniversitesi Tıp Fakültesi Halk Sağlığı Anabilim Dalı Dergisi**, 4(3):265-269.

Elbir T. ,2003.Comparision of model predictions with the data of urban air quality monitoring network in İzmir, Turkey, **Atmospheric Environment**, 37 (15): 2149-2157.

Elbir T., Müezzinoğlu A., 2004. Estimation of emission strenghts of primary air pollutants in the city of Izmir, Turkey, **Atmospheric Environment**, 38(13): 1851-1857.

Elbir, T., Müezzinoğlu, A., Bayram, A., Seyfioğlu, R., Demircioğlu, H., 2001.Ege bölgesi hava kirletici emisyon envanteri, **Dokuz Eylül Üniversitersitesi Fen ve Mühendislik Dergisi**, 3(2): 21-27.

EMEP/EEA. Emission Inventory Guidebook, 2009. Europan Environmental Agency.

EPA, 1998. Technology Transfer Network Clearinghouse for Inventories & Emission Factors, Fifth Edition.

Feng, X., Li Q., Zhu Y., Hou J., Jin L., Wang J., 2015. Artificial neural networks forecasting of $PM_{2.5}$ pollution using air mass trajectory based geographic model and wavelet transformation**, Atmospheric Environment**, (107): 118-128.

Fernando, H., Mammarella, Mc., Grandoni, G., Fedele, P., Di Marco, R., Dimitrova, R., Hyde, P., 2012. Forecasting PM_{10} in metropolitan areas: efficacy of neural networks, **Environmental Pollution**, (163):62-67.

Gardner, M. W. Dorling, S. R., 1998. Artificial neural networks (the multilayer perceptron)—a review of applications in the atmospheric sciences, **Atmospheric Environment,** 32 (14-15): 2627-2636

Garcia Nieto, Pj., Combarro, Ef., Del Coz Dıaz, Jj., Montanes, E., 2013. A SVM-based regression model to study the air quality at local scale in Oviedo Urban Area (North Spain): A case study, **Applied Mathematics And Computation**, 219:8923-8937.

Garipağaoğlu, N. 2006., Türkiye'de hava kirliliği sorununun coğrafi bölgelere göre dağılımı, **Doğu Coğrafya Dergisi**,55-77.

Gümrükçüoğlu M., Soylu, S., Adapazarı'nda ısınma kaynaklı hava kirliliğinin incelenmesi, *TMMOB Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi*, *31 Ekim-04 Kasım, 2011, Antalya.*

HKDYY 2008. Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği. Çevre ve Orman Bakanlığı, Ankara.

HKKY 1986. Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliği. Çevre Bakanlığı, Ankara.

Hinton, G. E., 1989.Connectionist learning procedures, **Artificial Intelligence**, 40 (1-3): 185-234

Hrust, L., Klaic, Zb, Krizan, J., Antonic, O., Hercog, P., 2009. Neural network forecasting of air pollutants hourly concentrations using optimised temporal averages of meteorolojıcal variables and pollutant concentrations, **Atmospheric Environment**, (43):5588-5596.

Irmak, E., 2005. Yalova İli 2003–2004 dönemi hava kirliliği çalışması, Yüksek Lisans Tezi,Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul., 70 s.

IKHKKY, 2005. Isınmadan Kaynaklanan Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği, Çevre Ve Şehircilik Bakanlığı, Ankara.

İmal M., Karapınar Ç., Doğan O. 2013. Hava kalitesine doğalgazın etkisi: kahramanmaraş örnek çalışması, **KSU Mühendislik Bilimleri Dergisi**, 16 (2), 22-28.

İncecik, S., İm, U., 2013. Megaşehirlerde hava kalitesi ve İstanbul örneği, **Hava Kirliliği Araştırmaları Dergisi**, (2): 133-145.

İskender, S.,Bolu, F., Yılmaz, M., Mayda, A.S., 2016. Düzce Hava Kalitesi İzleme İstasyonu 1 Ekim 2011-31 Mart 2015 Tarihleri Arasındaki Verilerinin İncelenmesi, Düzce Üniversitesi, **Sağlık Bilimleri Enstitüsü Dergisi**, 6(3): 161-167.

Jain, A. K., Mao, J., Mohiuddin, K. M., 1996. Artificial neural networks: a tutorial,

IEEE Computational Science & Engineering, 29 (3): 31-44.

Kalogirou, S. A., 2001. Artificial neural networks in renewable energy systems applications: a review, **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, 5 (4): 373-401.

Karpuzcu, M. ,2007. Çevre Kirlenmesi Ve Kontrolü, Kubbealtı Neşriyatı Yayıncılık, İstanbul, 381 s.

Keçebaş A., Kayfeci M., Gedik E., 2010. Afyonkarahisar'da ölçülen sülfürdioksit ve partikül madde değişimleri üzerine değerlendirme, **Mühendis ve Makina Dergisi**, 14-19.

Kelly, Jt., Reff, A., Gantt, B., 2017. A method to predıct $PM_{2.5}$ resulting from complıance with national ambıent air quality standards, **Atmospheric Environment**,(162):1-10.

Kendall, M.G. 1975. Rank Correlation Methods, Griffin, London.

Kılıç, E., 2008. Bayburt İli Hava Kalitesinin Değerlendirilmesi, Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü,Yüksek Lisans Tezi, Erzurum.67 s.

Kim, N.K., Kim, Y. P., Morino, Y., Kurokawa, J., Ohara, T., 2014. Verification of NOx emission inventories over North Korea, **Environmental Pollution,** (195): 236-244.

Klanova, J., Kohoutek, J., Hamplove, L., Urbanove, P., Holoubek, I, 2006. Passive air sampler as a tool for long-term air pollution monitoring: Part 1. Performance assesment for seasonal and spatial variations, **Environmental Pollution**, (144), 393-405.

Krochmal, D., Kalina, A., 1997. Measurements of nitrogen dioxide and sulphur dioxide concentrations in urban and rural areas of Poland using a pasive sampling method, **Environmental Pollution**, 96(3): 401- 407.

Kurt, A., Oktay, A. B., 2010. Forecasting air pollutant indicator levels with georgraphic models 3 days in advance using neural networks **Expert Systems With Applications,** (37): 7986-7992.

Li, L.Y., Xie, S.D., 2014. Historical variations of biogenic volatile organic compound emission inventories in China, 1981-2003, **Atmospheric Environment**, (95): 185-196.

Luecken, D.J.,Hutzell, W. T., Gipson, G. L., 2006. Development andanalysis of air quality modeling simulations for hazardous air pollutants, **Atmospheric Environment**, (40): 5087-5096.

Luna, A.S., Paredes M.L.L., Oliveira, G.C.G., Correa, S.M., 2014. Prediction of ozone concentration in tropospheric levels using artificial neural networks and support vector machine at Rio De Janeiro, Brazil, **Atmospheric Environment**,(98):98-104.

Lv, B., Cobourn, G., Bai, Y., 2016. Development of nonlinear empirical models to forecast daily $PM_{2.5}$ and ozone levels in three larce chinese cities, **Atmospheric Environment**, (147):209-223.

Mann H.B. 1945., Non-parametric tests against trend, **Econometrica1**, (3):245-259.

Mayda, A.S., Yılmaz, M., 2013. Düzce hava kalitesi izleme istasyonu 2007-2011 yılları arası verilerinin değerlendirilmesi, **TAF Medicine Bulletin**, 12 (1):11-18.

Meraz, M., Rodgiquez, E., Femat, R., Echeverria, J. C., Alvarez-Remirez, J., 2015. Statistical persistence of air pollutant (O_3, SO_2, NO_2, and PM) in Mexico City, **Physica A: Statistical Mechanics and its Applications**, (427): 202-217.

Mitra, A.P., Morawska, L., Sharma, C., Jim, Z., 2001. Chapter two: methodologies for characterisation of combustion sources and for quantification of their emissions, **Chemosphere**, 49(9), 903-902.

Müezzinoğlu, A., 1987. Hava Kirliliğinin ve Kontrolünün Esasları, Dokuz Eylül Üniversitesi Yayınları, İzmir, 292s.

Ni, Xy, Huang, H., Du, W.P., 2017. Relevance analysis and short-term prediction of $PM_{2.5}$ concentrations in beıjıng based on multi-source data, **Atmospheric Environment**, (150):146-161.

Özden, Ö., Döğeroğlu, T., Kara, S., 2008. Assesment of ambient air quality in Eskişehir, Turkey, **Environment International**, (34): 678-687.

Öztemel, E., 2003. Yapay Sinir Ağları, Papatya Yayıncılık, İstanbul. 232 s.

Schalkoff, R. J., 1997. Artificial Neural Networks, Cover Image, **McGraw-Hill,** 448 pp.

Payan, F., Ertürk, F., 2002. SO_2 ve NO_x kirleticilerin 1995-1996 kış sezonunda Bursa için hava kirliliği haritalarının oluşturulması, **Çevkor Dergisi**, (45): 14-17.

Pekey, B., Yılmaz, H., 2011. The use of passive sampling to monitor spatial trends of volatile organic compounds (VOCs) at industrial city of Turkey, **Microchemical Journal**, (97): 213-219.

RSHM, 2010. Refik Saydam Hıfzıssıhha Merkezi (RSHM), Hava Kirliliğine Genel Bakış, Çevre Sağlığı Araştırma Müdürlüğü Yayını.(**www.rshm.saglik.gov.tr/hki/pdf/hava.pdf**) (Erişim tarihi: Ocak, 2010).

Robert, J., Lambach, M. D., 2010. Outdoor Air Pollutans and Patient Health, **American Family Physician**, (81):175- 180.

Ross, Z., Kheirbek, I., Clougherty, J.E., Kazuhiko, I., Matte, T., Markowitz, S., Eis l, H.,2011. Noise, air pollutants and traffic: Continuous measurement and correlation at a high- traffic location in New York City, **Environment Research**, (111): 1054-1063.

Russo, A., Lind, Pg., Raıschel, F., Trigo, R., Mendes, M., 2013. Neural network forecast of daily pollution concentration usıng optimal meteorological data at synoptic and local scales, **Atmospheric Pollution Research**,6:540-549.

Russo, A., Raischel, F., Lind, Pg., 2013, Air quality prediction using optimal neural networks with stochastic variables, **Atmospheric Environment**,(79):822-830.

Schalkoff, R. J., 1997. Artificial Neural Networks, Cover Image, **McGraw-Hill**, 448 pp.

Sen P.K.,1968, estimates of the regression coefficient based on Kendall's Tau. **Journal of American Statistical Association**, (39): 1379-1389.

Sert, İ., 2008. Balıkesir İl Merkezinde Motorlu Taşıtlardan Kaynaklanan Emisyon Envanterinin Hesaplanması, Balıkesir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 100 s.

Sıngh, K.P., Gupta, S., Rai, P., 2013. Identifying pollution sources and predictıng urban air quality using ensemble learning methods,**Atmospheric Environment**, (80):426-437.

Sıngh, K.P., Gupta, S., Kumar A., Shukla S.P., 2012. Linear and nonlinear modeling approches for aır quality prediction, **Science of the Total Environment**, (426): 244-255.

Stress, D.G., Bond, T.C, Carmicheal, G.R., Fernandes, S.D., Fu, Q., He, D., Klimont, Z., Nelson, S.M.,Tsai, N.Y., Wang, M.O, Woo, J.H., Yarber, K.F., 2003.An inventory of gaseous and primary aerosol emissions in Asia in the year 2000, **Journal of Geophysical Research**, 108 (21), 1984-2012.

Suarez Sanchez, A., Garcia Nieto P., Riesgo Fernandez, P., Delcoz Diaz, J.J., Iglesıas-Rodrıguez, F.,2011. Application of an SVM-based regression model to the air quality study at local scale in the Aviles urban area (Spain). **Atmospheric Environment,** (54): 1453-1466.

Timmermans, R.M.A., Gon, H.A.C.D., Kuenen, J.J.P.,Segers, A.J., Honore, C., Perrussel, O., Builtjes, P.J.H., Schaap, M., 2013. Quantification of the urban air pollution incrementandits dependency on the use of down-scaledand bottom-upcity emission inventories, **Urban Climate**, (6): 44-62.

Tuna, G., Elbir, T., Menteşe, S., 2015. Bir Gaussian Dispersiyon Modeli İle Çanakkale'de Hava Kalitesi Seviyelerinin Belirlenmesi, *6. Ulusal Hava Kirliliği Ve Kontrolü Sempozyumu- 7-9 Ekim 2015, İzmir.*

Turan T.,Yalçın Çelik, B.,2012. Erzurum ilinde hava kirliliğindeki değişim, **Biyoloji Bilimleri Araştırma Dergisi**, 65-68.

TUİK, 2015.(**http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=1047**) (Erişim tarihi: Şubat, 2018).

Ucar, A., 1996. Şanlıurfa'da Hava Kirliliği Ve Kontrolü, Harran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Şanlıurfa, 45 s.

Uysal İ. 2002.,Çanakkale'de 1991-2001 Yılları arasında hava kirliliği sorunu, **Çevkor Dergisi**, 18-23.

Voukantsıs, D., Karatzas, K., Kukkonen, J., Rasanen, T., 2011. Intercomprasion of air quality data usıng principal component analysis, and forecasting of PM_{10} and $PM_{2.5}$ concentrations usıng artificıal neural networks, In Thessaloniki and Helsinki, **Science Of The Environment, (**409):1266-1276.

Wang, P., Lıu, Y., Qın Z., Zhang, G., 2015. A novel hybrid forecasting model for PM_{10} and SO_2 daily concentrations, **Science of The Total Environment, (**505): 1202-1212.

Wang, P., Zhang, H., Quın, Z., Zhang,,G., 2017. A novel hybrid-garch model based on ARIMA and SVM for $PM_{2.5}$ concentrations forecasting, **Atmospheric Pollution Research,** (8):850-860.

Wong, L. T., Mui, K.W., Hui, P. S., 2006. A statistical model for characterizing common air pollutants in air-conditioned offices, **Atmospheric Environment,** (40): 4246-4257.

Yao, X., 1999. Evolving artificial neural networks, **Proceedings of the IEEE,** 87 (9): 1423-1447. 28.

Yıldız, A., Çay, Y., Özer, F.,2012. Karabük ilindeki hava kirliliğinin doğalgaz kullanımı ile değişimi, **Tarih Kültür ve Sanat Araştırmaları Dergisi**, 2147-0626, 497-506.

Yıldızay H.D. 2005. Kütahya'da Doğalgaz Kullanımının Hava Kalitesine Etkilerinin İrdelenmesi, Dumlupınar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi,Kütahya. 92 s.

Yın, Q., Wang, J., Hu, M., Wong, H., 2016. Estimation of daily $PM_{2.5}$ concentration and its relationship with meteorological conditions in Beijing, **Journal Environmental Sciences,** (48): 161-168.

Yuan, C., Ng, E., Norford, L. K.,2014. Improving air quality in high- density cities by understanding the relationship between air pollutant dispersion and urban morphologies, **Building and Environment**, (71): 245-258.

Yurtoğlu, H., 2005. Yapay Sinir Ağları Metodolojisi İle Öngörü Modellemesi: Bazı Makroekonomik Değişkenler İçin Türkiye Örneği, Ekonomik Modeller Ve Stratejik Araştırmalar Genel Müdürlüğü, Devlet Planlama Teşkilatı– Uzmanlık Tezleri, 104 s.

Yuska, D.E.,Skelly, J. M., Ferdin and, J. A., Stevenson, R.E., Savage, J.E., Mulik, J. D., Hines, A., 2003.Use of bio indicators and passive sampling devices to evaluate ambient ozone concentrations in North central Pennsylvania, **Environmental Pollution**, (125): 71-80.

Zhang G, Patuwo E. B., Hu M. Y., 1998. Forecasting with artificial neural networks: The state of the art, **International Journal of Forecasting**,(14): 35-62

Zhang, H., Wang, Y., Hu, J., Ying, Q., Hu, X., 2015. Relationships between meteorological parameters and criteria air pollutants in three megacities ın China, **Environmental Research**,(140):242-254.

Zhang, J., Morawska L., 2002.Combustion sources of particles: 2. Emission factors and measurement methods,**Chemosphere**, 49 (9): 1059-1074.

Zhou, G., Xu, J., Xıe, Y., Chang, L., Gao, W., 2017. Numerical air quality forecasting over eastern China:An operational application of WRF-Chem, **Atmospheric Environment, (**153):94-108.

Zhou, Q., Jıang, H., Wang,J., Zhou, J., 2014. A hybrid model for $PM_{2.5}$ forecastıng based on ensemble empirical mode decomposition and a general regression neural network, **Science of the Total Environment**, (496):264-274.

Zhou, Y., Cheng, S., Chen, D., Lang, J., Zhao, B., Wei, W., 2014. A new statistical approach for establishing high-resolution emission inventory of primary gaseous air pollutants, **Atmospheric Environment**, (94): 392- 400.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı, Soyadı: Hatice Kübra KIRMACI

Uyruğu: Türkiye (TC)

Doğum Tarihi ve Yeri: 10 Temmuz 1988, Kahramanmaraş

Medeni Durumu: Bekâr

Tel: +90 532 305 0252

email: kubra.kirmaci@hotmail.com

Yazışma Adresi: Yamaçtepe Mahallesi, Maraşpark Residence B-Blok, No:1 Onikişubat/Kahramanmaraş

EĞİTİM

Derece	Kurum	Mezuniyet Tarihi
Yüksek Lisans	K.Maraş Sütçü İmam Üniversitesi, FBE	2013
Lisans	Erciyes Üniversitesi, Çevre Mühendisliği	2010
Lise	K.Maraş Anadolu Öğretmen Lisesi	2006

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görev
2011-2013	K.Maraş Sütçü İmam Üniversitesi (FBE)	Araştırma Görevlisi
2015- Halen	K.Maraş Büyükşehir Belediyesi	Çevre Mühendisi

YABANCI DİL

İngilizce, Almanca

YAYINLAR

1. DADASER-CELİK F., KIRMACI H.K. (2011). Kayseri İli Kent Merkezinde Kükürtdioksit Ve Partiküler Madde Değerlerindeki Değişimlerin İncelenmesi: 1990-2007.Ekoloji, 20 (79), 83-92.

2.ÜNSAL, M.,CUCİ,Y., KIRMACI, H.K., YEŞİLTEPE,Ö., GÖKGÖZ, A., ÖZDÖŞEMECİ,C.T., (2013) Dairesel KonduitlerleVenturilerin Hava Giriş Oranlarının Karşılaştırılması, 3. Uluslararası Bursa Su Kongresi ve Sergisi, Bursa, Türkiye.