

T.C.
AYDIN ADNAN MENDERES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ELEKTRİK-ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS PROGRAMI
2024-YL-17

HAVA KALİTESİ ÖLÇÜM SİSTEMİ TASARIMI

Muhammed Mustafa KANDEMİR
YÜKSEK LİSANS TEZİ

DANIŞMAN
Dr. Öğr. Üyesi Mümtaz YILMAZ

Bu tez Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından MF-21007 proje numarası ile desteklenmiştir.

AYDIN-2024

KABUL VE ONAY

T.C. Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Programı öğrencisi Muhammed Mustafa KANDEMİR tarafından hazırlanan “HAVA KALİTESİ ÖLÇÜM SİSTEMİ TASARIMI” başlıklı tez aşağıdaki jüri tarafından Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Savunma Tarihi: 02/02/2024

Jüri Üyeleri:

ONAY:

Başkan

Prof. Dr. Yılmaz KALKAN

Aydın Adnan Menderes Üniversitesi

Üye

Dr. Öğr. Üyesi Mümtaz YILMAZ

Aydın Adnan Menderes Üniversitesi

Üye

Doç. Dr. İlhan BAŞTÜRK

Manisa Celal Bayar Üniversitesi

Bu tez Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca yukarıdaki jüri tarafından uygun görülmüş ve Fen Bilimleri Enstitüsü' nün tarih ve sayılı oturumunda alınan numaralı Yönetim Kurulu kararıyla kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Mustafa SÜRMEN

Enstitüsü Müdürü



TEŞEKKÜR

Bu tez çalışması sürecinde bana rehberlik eden, bilgi ve tecrübelerini paylaşarak bu süreci aydınlatan, sabrı ve anlayışı ile destek olan değerli danışmanım Dr. Öğr. Üyesi Mümtaz YILMAZ' a teşekkür ederim.

Yüksek lisans eğitimim boyunca uzmanlık alanımda derinleşmemi sağlayan saygıdeğer Prof. Dr. Yılmaz KALKAN' a ve diğer bölüm hocalarıma teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca, tez izleme komitesi üyesi olarak görüş ve önerilerini paylaşan saygıdeğer Doç. Dr. İlhan BAŞTÜRK' e de minnettarlığımı belirtmek isterim.

Adnan Menderes Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar Birimi' ne, tez çalışmamın gelişimine katkıda bulundukları için teşekkür ederim.

Tez sürecimde sağladığı destekle her zaman yanımda olan değerli eşim Selda KANDEMİR' e ve çocuklarıma, ayrıca eğitim-öğretim hayatım boyunca maddi ve manevi desteklerini hiç esirgemeyen dedem Ali GÖKBEL ve kıymetli eşi Süzan GÖKBEL' e de içten teşekkürlerimi sunarım.

Muhammed Mustafa KANDEMİR



BİLİMSEL ETİK BEYANI

“HAVA KALİTESİ ÖLÇÜM SİSTEMİ TASARIMI” başlıklı Yüksek Lisans tezindeki bütün bilgileri etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada, bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yaptığımı bildiririm. İfade ettiklerimin aksi ortaya çıktığında ise her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim.

Muhammed Mustafa KANDEMİR

02/02/2024



İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY	i
TEŞEKKÜR.....	iii
BİLİMSEL ETİK BEYANI.....	v
İÇİNDEKİLER	vii
SİMGELER DİZİNİ	xi
KISALTMALAR DİZİNİ.....	xiii
ŞEKİLLER DİZİNİ	xvii
RESİMLER DİZİNİ	xix
ÇİZELGELER DİZİNİ	xxi
ÖZET.....	xxiii
ABSTRACT	xxv
1. GİRİŞ	1
1.1. Problemin Tanımı ve Önemi	1
1.2. Araştırmanın Amacı.....	2
1.3. Genel Bilgiler	3
1.3.1. Efeler İlçesinin Konumu ve Coğrafi Özellikleri	3
1.3.2. Hava Kirliliği	5
1.3.3. Hava Kalite İndeksi.....	5
1.3.4. Hava Kirleticiler	7
1.3.4.1. Azot Oksitler	8
1.3.4.2. Kükürt Oksitler	8
1.3.4.3. Karbon Monoksit.....	8
1.3.4.4. Uçucu Organik Bileşikler.....	9
1.3.4.5. Partikül Maddeler	9
1.3.5. Hidrojen Sülfür.....	10
1.3.5.1. Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri	10
1.3.5.2. Hidrojen Sülfür Kaynakları	11
1.3.5.3. Hidrojen Sülfür' ün Çevreye Etkisi	12
1.3.5.4. Hidrojen Sülfür' ün Sağlığa Etkisi	12
2. KAYNAK ÖZETLERİ	15
3. MATERYAL VE YÖNTEM	17
3.1. Materyal	17

3.2. Ölçümde Kullanılan Elektronik Elemanlar ve Sensörler	22
3.2.1. Basınç Sensörü	22
3.2.2. Sıcaklık ve Nem Sensörü	22
3.2.3. Mikrodenetleyici Kart	23
3.2.4. Hava Kalitesi Sensörü	24
3.2.5. Yağmur Sensörü ve Dönüştürücü Kartı	25
3.2.6. Voltaj Regülatörü	25
3.3. Yöntem	26
3.3.1. Hava Kalitesi Ölçüm Sistem Tasarımı Çalışma Yöntemi	26
3.3.2. Sürekli Veri Toplama Sistemlerinin Kurulumu	26
3.3.3. Veri Analizi ve İşleme	27
3.3.3.1. Pearson Korelasyon Testi	27
3.3.3.2. Regresyon Analizi	29
3.3.3.3. Ortalama Karesel Hata Analizi	29
3.3.3.4. Normalleştirilmiş Ortalama Karesel Hata Analizi	30
4. BULGULAR	31
4.1. Ölçüm Tasarım Sistemleri ve MGM Verileri	31
4.2. Ölçüm Verilerinin Karşılaştırılması	31
4.2.1. Sıcaklık Ölçümlerinin Karşılaştırılması	32
4.2.2. Nem Ölçümlerinin Karşılaştırılması	33
4.2.3. Basınç Ölçümlerinin Karşılaştırılması	34
4.2.4. Karbonmonoksit Ölçümlerinin Karşılaştırılması	35
4.2.5. Çoklu Doğrusal Regresyon Analizi	36
4.2.6. Değişkenler Arasında Doğrusallık Testi	37
4.2.6.1. Sıcaklık Verilerinin Doğrusallık Testi	37
4.2.6.2. Nem Verilerinin Doğrusallık Testi	38
4.2.6.3. Basınç Verilerinin Doğrusallık Testi	39
4.2.6.4. Karbonmonoksit Verilerinin Doğrusallık Testi	40
4.2.7. Değişkenler Arası Korelasyon	40
4.2.8. Hata İstatistikleri	44
4.2.9. Farkların Normalliği Testi	47
4.2.10. Eş Varyanslılık Analizi	48
4.2.11. Varyans Analizi	49

5. TARTIŞMA	51
6. SONUÇ.....	53
KAYNAKLAR.....	55
EKLER.....	63
Ek 1. Sistem-1 Sensör Ölçüm Değerleri Çizelgesi	63
Ek 2. Sistem-2 Sensör Ölçüm Değerleri Çizelgesi	69
Ek 3. Meteoroloji Genel Müdürlüğü Verileri	73
ÖZ GEÇMİŞ.....	79





SİMGELER DİZİNİ

%RH : Relatif nem (günlük ortalama nispi nem)

°C : Santigrat derece (Sıcaklık birimi)

µg : Mikrogram

µm : Mikrometre

r : Pearson korelasyon katsayısı





KISALTMALAR DİZİNİ

A	: Amper
ADÜTEM	: Adnan Menderes Üniversitesi Jeotermal Enerji Araştırma ve Uygulama Merkezi
Ar	: Argon
BAP	: Bilimsel Araştırmalar Projeler Birimi
Ca	: Kalsiyum
CH₄	: Metan
CO	: Karbon Monoksit
CO₂	: Karbon Dioksit
Cu	: Bakır
ÇŞİDB	: Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı
DC	: Direct Current (Doğru Akım)
EPA	: Environmental Protection Agency (Çevre Koruma Ajansı)
Fe	: Demir
GND	: Şase/Toprak (Ground)
GOOGLE	: Global Organization of Oriented Group Language of Earth (Arama motoru)
H₂S	: Hidrojen Sülfür
HKİ	: Hava Kalitesi İndeksi
HNO₃	: Nitrik Asit
hPa	: Hektopaskal (Basınç Birimi)
m³	: Metreküp
MATLAB	: Çok Paradigmali Sayısal Hesaplama Yazılımı

MGM	: Meteoroloji Genel Müdürlüğü
Mn	: Mangan
MSB	: Milli Savunma Bakanlığı
MTA	: Maten Tetkik ve Arama
MW	: Mega Watt
N₂	: Azot
NH₄	: Amonyum
NOKH	: Normalleştirilmiş Karesel Ortalama Hata
NO_x	: Azot Oksit
O₃	: Ozon
OKH	: Ortalama Karesel Hata
PCB	: Printed Circuit Board (Baskılı Devre Kartı)
PM	: Partikül Madde
Ppm	: Parts Per Million (Milyonda Bir)
PROTEUS	: Elektronik Tasarım ve Simülasyon Programı
Rn	: Radon
SCL	: Serial Clock (Veri Hattının Saat Sinyali)
SDA	: Serial Data (Veri Hattı Sinyali)
SO₂	: Sülfür Dioksit
SO₄	: Sülfat
SO_x	: Kükürt Oksit
SPSS	: Statistical Package for the Social Sciences(Sosyal Bilimlerde İstatistiksel Analiz Yazılımı)
UHKİA	: Ulusal Hava Kalitesi İzleme Ağı
UHKÖİ	: Ulusal Hava Kalitesi Ölçüm İstasyonu
V	: Volt

VCC	: Pozitif Kaynak Gerilimi (Collector Supply Voltage)
VOCs	: Uçucu Organik Bileşikler
WHO	: Dünya Sağlık Örgütü
Wi-Fi	: Kablosuz Bağlantı Alanı
Zn	: Zirkonyum





ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Jeotermal elektrik sahaları.....	1
Şekil 1.2. Aydın fiziki il haritası.....	2
Şekil 1.3. Efeler ilçesi lokasyon haritası.	4
Şekil 3.1. Hava kalitesi ölçüm sistem tasarımı genel blok şeması	18
Şekil 3.2. Hava kalitesi ölçüm sistem tasarımı pcb şeması	18
Şekil 3.3. UHKÖİ, sistem-1 ve sistem-2' nin konumları	19
Şekil 3.4. BMP180 basınç sensörü	22
Şekil 3.5. DHT22 sensörü ve pin yapısı	23
Şekil 3.6. ESP32 wifi bluetooth geliştirme modülü	23
Şekil 3.7. MQ-135 Hava kalite sensörü modülü.	24
Şekil 3.8. Yağmur sensörü ve dönüştürücü kartı	25
Şekil 3.9. DC voltaj regülatörü.....	25
Şekil 4.1. Sıcaklık ölçüm değerleri karşılaştırılması.....	32
Şekil 4.2. Nem ölçüm değerleri karşılaştırılması	33
Şekil 4.3. Basınç ölçüm değerleri karşılaştırılması	34
Şekil 4.4. Karbonmonoksit ölçüm değerleri karşılaştırılması	35
Şekil 4.5. Sıcaklık verileri ile H ₂ S verisi arasındaki doğrusallık testi.....	37
Şekil 4.6. Nem verileri ile H ₂ S verisi arasındaki doğrusallık testi	38
Şekil 4.7. Basınç verileri ile H ₂ S verisi arasındaki doğrusallık testi	39
Şekil 4.8. Karbonmonoksit verileri ile H ₂ S verisi arasındaki doğrusallık testi	40
Şekil 4.9. Farkların normalliği histogram grafikleri.....	47
Şekil 4.10. Eş varyanslılık analizi grafikleri	48



RESİMLER DİZİNİ

Resim 3.1. Ulusal hava kalitesi ölçüm istasyonu	17
Resim 3.2. Sistem-1 hava kalitesi ölçüm sistem tasarımı	20
Resim 3.3. Sistem-2 hava kalitesi ölçüm sistem tasarımı	21





ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.1. EPA hava kalitesi indeksi.....	6
Çizelge 1.2. Ulusal hava kalitesi indeksi kesme noktaları	7
Çizelge 1.3. Ulusal HKİ hesaplanan parametrelerin sınır değerleri	7
Çizelge 1.4. H ₂ S' in fiziksel ve kimyasal özellikleri.....	10
Çizelge 1.5. H ₂ S gazının insan sağlığına etkileri.....	13
Çizelge 3.1. ESP32 seri wi-fi modülü özellikleri	24
Çizelge 4.1. Sıcaklık OKH ve NOKH değerleri karşılaştırması	32
Çizelge 4.2. Nem OKH ve NOKH değerleri karşılaştırması.....	33
Çizelge 4.3. Basınç OKH ve NOKH değerleri karşılaştırması.....	34
Çizelge 4.4. Karbonmonoksit OKH ve NOKH değerleri karşılaştırması.....	35
Çizelge 4.5. Sistem-1 tanımlayıcı istatistikler	36
Çizelge 4.6. Sistem-2 tanımlayıcı istatistikler	36
Çizelge 4.7. MGM tanımlayıcı istatistikler	36
Çizelge 4.8. Sistem ortalamaları tanımlayıcı istatistikler	37
Çizelge 4.9. Sistem-1 ve H ₂ S verileri arasında korelasyon testi	41
Çizelge 4.10. Sistem-2 ve H ₂ S verileri arasında korelasyon testi	42
Çizelge 4.11. MGM ve H ₂ S verileri arasında korelasyon analizi.....	43
Çizelge 4.12. Sistem ortalamaları ve H ₂ S verileri arasında korelasyon analizi	43
Çizelge 4.12. Ortalamalar ve H ₂ S verileri arasında korelasyon analizi(devam)	44
Çizelge 4.13. Sistem-1 ve H ₂ S arasındaki hata istatistikleri analizi.....	45
Çizelge 4.14. Sistem-2 ve H ₂ S arasındaki hata istatistikleri analizi.....	45
Çizelge 4.15. MGM ve H ₂ S arasındaki hata istatistikleri analizi	46
Çizelge 4.16. Sistem ortalamaları ve H ₂ S arasındaki hata istatistikleri analizi.....	46
Çizelge 4.17. Sistem-1 varyans analizi.....	49
Çizelge 4.18. Sistem-2 varyans analizi.....	49
Çizelge 4.19. MGM varyans analizi.....	49
Çizelge 4.20. Sistem ortalamaları varyans analizi.....	50



ÖZET

HAVA KALİTESİ ÖLÇÜM SİSTEMİ TASARIMI

Kandemir M. M, Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektrik Elektronik Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Mümtaz Yılmaz, Aydın 2024.

Türkiye' de jeotermal enerji kaynaklarından elektrik üretimi son yıllarda önemli ölçüde artış göstermektedir. Özellikle Ege Bölgesi' nde, Aydın bu konuda lider konumdadır. Jeotermal enerji, çevresel açıdan fosil yakıtlara göre olumlu etkilere sahip olsa da kurulum ve enerji üretimi süreçlerinde bazı olumsuz çevresel etkiler de gözlemlenmektedir. Jeotermal kaynaklardan atmosfere salınan Hidrojen sülfür (H_2S), karbon dioksit (CO_2), Amonyak, Argon (Ar) ve Radon (Rn) gibi gazlar hava kalitesini etkileyen önemli parametreler arasında yer almaktadır.

Bu çalışmada, Aydın'ın Efeler ilçesinde sıcaklık, nem, basınç, yağmur ve karbon monoksit gibi iklim değişkenlerinin sensörler aracılığıyla, hava kalitesi ölçüm sistem tasarımı ile ölçümleri günde kırk sekiz veri seti olacak şekilde gerçekleştirilmiştir. Gerçekleştirilen ölçümler ESP32 kullanılarak bulut ortamında Google tablolara kaydedilmiştir. Analizler için ise ölçümlerin günlük ortalaması alınmıştır.

Bu çalışma doğrultusunda, Şubat 2023 ile Eylül 2023 arasında ölçülen hava kalitesini etkileyen iklim değişkenleri ile hidrojen sülfür (H_2S) konsantrasyonu arasındaki ilişkileri inceleyerek, bu değişkenlerin hidrojen sülfür üzerindeki etkileri, pearson korelasyon analizi ve çoklu doğrusal regresyon yöntemleri ile analiz edilmiştir.

Yapılan analizler sonucunda, H_2S ile sıcaklık arasında negatif korelasyon ve anlamlı bir ilişki, nem değişkeninin ise pozitif korelasyon ve anlamlı bir ilişkiye sahip olduğu tespit edilmiştir. Fakat H_2S verisi ile basınç, karbon monoksit ve yağmur verileri arasında anlamlı bir ilişki ortaya çıkmamıştır.

Anahtar kelimeler: Hava kalitesi, Jeotermal enerji, Hidrojen sülfür(H_2S).



ABSTRACT

DESIGN OF AIR QUALITY MEASUREMENT SYSTEM

Kandemir M. M, Aydın Adnan Menderes University, Graduate School of Natural and Applied Sciences, Department of Electrical and Electronics Engineering, Master Thesis, Supervisor: Dr. Assistant Professor Mümtaz Yılmaz, Aydın, 2024.

Electricity production from geothermal energy sources in Turkey has increased significantly in recent years. Especially in the Aegean Region, Aydın is in a leading position in this subject. Geothermal energy has positive environmental effects compared to fossil fuels however some negative environmental effects are observed during the installation and energy production processes. Gases such as Hydrogen sulfide(H_2S), Carbon dioxide(CO_2), Ammonia, Argon(Ar) and Radon(Rn) released into the atmosphere from geothermal sources are among the important parameters affecting air quality.

This study which was conducted in Aydın' s Efeler district involved the measurement of climate variables like temperature, humidity, pressure, rainfall, and carbon monoxide by using sensors and the design of an air quality measurement system facilitated daily data collection generating forty-eight data sets per day. The measurements performed are uploaded to Google tables in the cloud environment by using ESP32. The measurements were averaged daily for the analyses. In this study, the air quality measured from February 2023 to September 2023 between climate variables affecting quality and hydrogen sulfide (H_2S) concentration relationships were examined.

The effects of these variables on hydrogen sulfide were analyzed by Pearson correlation measures and multiple linear regression methods. As a result of the analysis, there was a negative correlation between H_2S and temperature and a significant relationship, while the humidity variable has a positive correlation and a significant relationship is detected. But there was not a significant relationship between H_2S data with pressure and carbon monoxide with rainfall data.

Key words: Air quality, Geothermal Energy, Hydrogen Sulfide (H_2S)

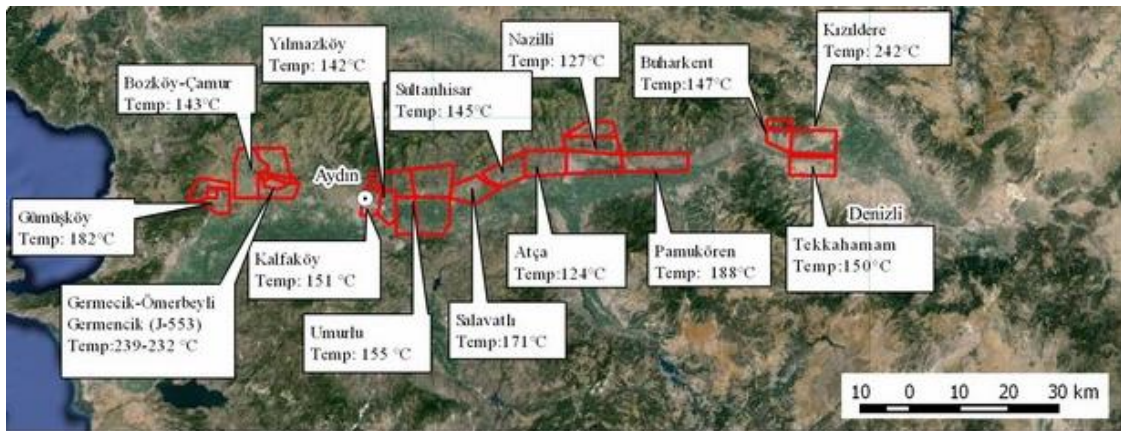


1. GİRİŞ

1.1. Problemin Tanımı ve Önemi

Hava kalitesi, atmosferde bulunan kirletici maddelerin yoğunluğunu ifade eden önemli bir çevresel ölçüttür. Bu kirleticiler, çeşitli kaynaklar tarafından atmosfere salınır ve insan sağlığı, bitki örtüsü ve ekosistemler üzerinde zararlı etkilere yol açabilir. Hava kirliliğine neden olan unsurlar arasında atmosfere giren yabancı maddeler yer almaktadır. Bununla birlikte sıcaklık, rüzgâr, basınç, yağış, nem ve güneş radyasyonu gibi meteorolojik faktörler ile konum ve topografik özellikler de hava kirliliğini etkilemektedir. Ayrıca, kentlerdeki çarpık şehirleşme, yetersiz yeşil alan tahsis ve kullanılan yakıt türleri gibi faktörler de hava kirliliğini önemli ölçüde etkileyebilir.

Türkiye' de jeotermal sistemlerden elektrik enerjisi üretimi, toplamda 63 jeotermal enerji santrali ile gerçekleştirilmektedir. Bu santrallerin 32'si Aydın İli sınırları içerisinde konumlanmış ve toplamda ≈ 8212 MW' lık bir elektrik enerjisi kurulu güç kapasitesine sahiptir. Türkiye' de jeotermal kaynaklardan elde edilen elektrik enerjisinin yarısından fazlasının Aydın' da üretildiği bu alanlar, Maden Tetkik ve Arama (MTA) Genel Müdürlüğü tarafından hazırlanan Şekil 1.1 üzerinde paylaşılmıştır. Bu şekil Aydın' ın jeotermal potansiyelinin önemli olduğunu ve enerji üretiminde etkin bir rol oynadığını göstermektedir (Enerji Atlası, 2024).



Şekil 1.1. Jeotermal elektrik sahaları (MTA, 2024)

Jeotermal enerji, fosil yakıtlara kıyasla çevreye olumlu etkileriyle öne çıkan bir enerji kaynağıdır. Ancak, bu kaynağın kurulum ve enerji üretim süreçlerinde çevresel bazı olumsuz etkileri de söz konusudur (Tunçbilek ve Yılmaz, 2021). Jeotermal kaynaklar, içerdikleri sülfür, bor ve kükürt gibi toksik gazların bu bölgede varlığı, halk sağlığı açısından önemli bir risk taşımaktadır.

Özellikle H₂S gazı, solunduğunda ciddi sağlık sorunlarına yol açabilen bir gazdır. Hidrojen sülfür jeotermal elektrik santrallerinden havaya salınan çürük yumurta kokusu veren ve havada 20-50 ppm olduğu zaman göz ve akciğerlerde irritasyon yapan ve yaklaşık 500 ppm olduğunda ölüme yol açabilen gazdır (Guidotti, 2010).

Bu nedenle, şekil 1.2' deki fiziki harita üzerinde sarı renk ile gösterilen alandaki, Efeler İlçesi' nde atmosferdeki kirleticilerin konsantrasyonunu ölçmek ve özellikle H₂S gazının yayılmasında etkili olduğu düşünülen parametreleri incelemek, bu bölgede yaşayan insanların sağlığını koruma ve çevresel riskleri minimize etme açısından hayati bir öneme sahiptir.



Şekil 1.2. Aydın fiziki il haritası (MSB, 2024)

1.2. Araştırmanın Amacı

Araştırmanın amacı, belirli hava kalitesi parametrelerini izleyerek Aydın İli, Efeler İlçesi' nde atmosferdeki kirleticilerin konsantrasyonunu değerlendirmek ve özellikle

Hidrojen Sülfür (H_2S) gibi toksik gazların yayılmasında etkili olabileceği düşünülen parametreleri incelemektir. Bu amaç doğrultusunda şunlar hedeflenmektedir:

- Efeler İlçesi'nde iki farklı noktaya yerleştirilen hava kalitesi ölçüm tasarımı sistemi ile meteorolojik değişkenleri sürekli ölçmek,
- DHT22 (Sıcaklık ve nem), BMP180 (basınç), MQ135 (karbonmonoksit) ve yağmur sensörü aracılığıyla ölçülen meteorolojik verileri ESP32 mikrodenetleyici ile bulut ortamına taşımak,
- Toplanan sensör verilerini, Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden (MGM) alınan sıcaklık, nem, basınç ve yağış verileri ve Efeler Yedi Eylül Mahallesi'nde bulunan, Ulusal Hava Kalitesi Ölçüm İstasyonu (UHKÖİ) üzerinden alınan karbonmonoksit ve H_2S değerleri ile tutarlılıklarını karşılaştırmak,
- Toplanan veriler ışığında H_2S gazının yayılmasında etkili olabilecek meteorolojik koşulları değerlendirmek.

Bu çalışma, sadece hava kalitesi izleme sistemlerinin etkinliğini değerlendirmekle kalmayıp aynı zamanda çevre sağlığıyla ilgili kritik bir öneme sahip potansiyel riskleri tanımlama amacı taşımaktadır. Hava kalitesinin izlenmesi, halk sağlığının korunması, çevre koruma ve çevresel politikaların oluşturulmasına katkıda bulunma açısından büyük bir öneme sahiptir.

1.3. Genel Bilgiler

Çalışma alanı olarak seçilen Aydın'ın Efeler İlçesi'nin konumu ve coğrafi özelliklerini yanı sıra hem sınırları içinde hem de yakın çevresinde bulunan jeotermal enerji santrallerinin faaliyetleri sonucu ortaya çıkan hava kirletici zehirli gazların özellikleri bu bölümün aşağıdaki başlıklarında ayrıntılı olarak açıklanmıştır.

1.3.1. Efeler İlçesinin Konumu ve Coğrafi Özellikleri

Aydın İli Efeler İlçesi, Aydın'ın merkez ilçesi olup 37.838016 enlem, 27.845627 boylam coğrafi koordinatları arasında konumlanmıştır. Şekil 1.3'te gösterilen Efeler İlçesi, güneyinde Çine, güneybatısında Koçarlı, batısında İncirliova, doğusunda

kulelerinden yükselen buharlar bulunmaktadır. Ancak, bu jeotermal merkezli faaliyetler, çevre koruma konusundaki hassasiyetin ve toplumdaki endişelerin artmasına neden olmaktadır (Adnan Menderes Üniversitesi Jeotermal Enerji Araştırma ve Uygulama Merkezi [Adütem], 2015).

1.3.2. Hava Kirliliği

Hava, insan ve diğer canlıların hayatta kalması için vazgeçilmez bir faktördür. Hava, su ve toprak gibi çevresel etkenlere maruz kalarak kirlenebilen bir ortamdır. Bununla birlikte, açlık ve susuzluk durumlarında günlerce yaşanabilirken, nefes almadan birkaç dakikadan fazla yaşama şansı yoktur. Bu nedenle, doğal bileşimdeki hava, tüm canlılar için temel ve yaşamsal bir hak olarak kabul edilmektedir (Seinfeld ve Pandis, 2016).

Hava kirliliği, atmosferdeki bir veya daha fazla kirleticisi maddenin belirli miktarlarda ve sürelerde bulunması sonucu insan sağlığına, bitki ve hayvan yaşamına, ticari veya kişisel eşyalara ve çevre kalitesine zarar veren durumu ifade eder (Müezzinoğlu, 2000).

Günümüzde, her geçen gün artan çevre sorunlarının öncüsü olan hava kirliliği, gelecek yaşantımızı ciddi bir şekilde tehdit etmekte ve insanları çeşitli çevresel risklerle karşı karşıya bırakmaktadır. Dünya nüfusundaki hızlı artışa paralel olarak, artan enerji kullanım oranları, endüstrileşmedeki gelişim ve kentleşmenin hızlı değişimi, hava kirliliğinin artmasına neden olmaktadır (Altıkat vd., 2011)

Yapılan araştırmalar, hava kirliliğine neden olan gaz ve tozların solunum yolları hastalıklarına ve çeşitli kanser türlerine yol açtığını göstermektedir. Özellikle, Dünya Sağlık Örgütü (WHO) sağlık raporlarında, havadaki sülfür dioksit (SO₂) yoğunluğunun kısa süreli artışının bireylerin ciddi solunum rahatsızlıklarına maruz kalabileceğini ve hatta zehirlenebileceklerini vurgulamıştır. WHO' nun raporlarına göre, atmosferdeki zararlı gaz ve tozlar ayrı başlıklar altında incelenmiş, bunların ortaya çıkış sebepleri ve sağlık üzerindeki etkileri belirlenmiştir. Bu etkiler, farklı klinik ve epidemiyolojik çalışmalarla desteklenmiştir (WHO, 2005).

1.3.3. Hava Kalite İndeksi

Hava Kalitesi İndeksi (HKİ), günlük raporlama için kullanılan bir sınıflandırma sistemidir ve tüm dünyada geniş bir kullanıma sahiptir. Bu sınıflandırma sistemi,

havadaki kirleticilerin konsantrasyonlarına göre hava kalitesini iyi, orta, kötü, tehlikeli vb. şeklinde derecelendirir (Yılmaz vd., 2020).

HKİ, havanın temizliği veya sağlıksızlığı hakkında bilgi sağlayarak, bu durumun potansiyel sağlık etkilerine dair anlayış sunar. HKİ, sağlıksız hava alımını takiben birkaç saat veya birkaç gün içinde ortaya çıkabilecek sağlık etkilerine odaklanmaktadır (Shaddick vd, 2018).

HKİ, belirli bir bölgedeki hava kalitesini karakterize etmek amacıyla ülkelerin kendi sınır değerlerine göre dönüştürdüğü ve kirlilik sınıflandırması yaptığı bir indekstir. İndeks, ölçülen her kirletici için ayrı ayrı düzenlenmiş olup, belirli kategorilerde farklı tanımlar ve renkler kullanılarak ifade edilmektedir (Shaddick vd, 2018).

Türkiye' de kullanılan Ulusal Hava Kalitesi İndeksi, EPA Hava Kalitesi İndeksi' nin ulusal mevzuat ve sınır değerlere uyarlanmasıyla oluşturulmuştur. Bu indeks, partikül maddeler (PM₁₀), karbon monoksit (CO), kükürt dioksit (SO₂), azot dioksit (NO₂) ve ozon (O₃) gibi beş temel kirletici için hava kalitesini değerlendirmektedir (ÇŞİDB, 2023).

Türkiye' de, ÇŞİDB' ne bağlı olarak faaliyet gösteren www.havaizleme.gov.tr adresinden halkın tamamına açık bir şekilde, günlük HKİ tahminleri izlenebilmektedir. Çizelge 1.1' de EPA hava kalitesi indeksi, Çizelge 1.2' de HKİ kesme noktaları ve Çizelge 1.3' te ulusal hava kalitesi indeksinde hesaplanan parametrelerin sınır değerleri detaylı bir şekilde verilmiştir (ÇŞİDB, 2023).

Çizelge 1.1. EPA hava kalitesi indeksi (egethm.csb.gov.tr/, 2023).

HKİ Değerler	Sağlık Endişe Seviyeleri	Renkler	Anlamı
0-50	İyi	Yeşil	Hava kalitesi memnun edici ve hava kirliliği az riskli veya hiç risk teşkil etmiyor.
51-100	Orta	Sarı	Hava kalitesi uygun fakat alışılmadık şekilde hava kirliliğine hassas olan çok az sayıdaki insanlar için bazı kirleticiler açısından orta düzeyde sağlık endişesi oluşabilir.
101-150	Hassas	Turuncu	Hassas gruplar için sağlık etkileri oluşabilir. Genel olarak kamunun etkilenmesi olası değildir.
151-200	Sağlıksız	Kırmızı	Herkes sağlık etkileri yaşamaya başlayabilir, hassas gruplar için ciddi sağlık etkileri söz konusu olabilir.
201-300	Kötü	Mor	Sağlık açısından acil durum oluşturabilir. Nüfusun tamamının etkilenme olasılığı yüksektir.
301-500	Tehlikeli	Kahverengi	Sağlık alarmı: Herkes daha ciddi sağlık etkileri ile karşılaşabilir.

Çizelge 1.2. Ulusal hava kalitesi indeksi kesme noktaları (egethm.csb.gov.tr/2023).

İndeks	HKİ	SO ₂ [µg/m ³]	NO ₂ [µg/m ³]	CO [µg/m ³]	O ₃ [µg/m ³]	PM10 [µg/m ³]
		1 Sa. Ort.	1 Sa. Ort.	8 Sa. Ort.	8 Sa. Ort.	24 Sa. Ort.
İyi	0 – 50	0-100	0-100	0-5500	0-120	0-50
Orta	51 – 100	101-250	101-200	5501-10000	121-160	51-100
Hassas	101 – 150	251-500	201-500	10001-16000	161-180	101-260
Sağlıksız	151 – 200	501-850	501-1000	16001-24000	181-240	261-400
Kötü	201 – 300	851-1100	1001-2000	24001-32000	241-700	401-520
Tehlikeli	301 – 500	>1101	>2001	>32001	>701	>521

Çizelge 1.3. Ulusal HKİ hesaplanan parametrelerin sınır değerleri (egethm.csb.gov.tr/, 2023)

Parametre	SO ₂ [µg/m ³]	NO ₂ [µg/m ³]	CO[µg/m ³]	O ₃ [µg/m ³]	PM10 [µg/m ³]
	1 Sa. Ort.	1 Sa. Ort.	8 Sa. Ort.	8 Sa. Ort.	24 Sa. Ort.
Ulusal Sınır Değer	350	250	10.000	120	50
AB Üye Ülkeleri Sınır Değeri	350	200	10.000	120	50

1.3.4. Hava Kirleticiler

Hava kirleticileri, kaynaklarına göre birincil ve ikincil olarak sınıflandırılmaktadır. Birincil kirleticiler, doğrudan atmosfere salınan kirleticileri ifade ederken, ikincil kirleticiler, atmosfer içinde oksijen, su gibi bileşenlerle kimyasal tepkimeler sonucu oluşan kirleticileri tanımlar (Jindal, 2007). Bu kirleticiler, endüstriyel işletmeler, enerji üretimi, taşıt trafiği, tarım ve diğer kaynaklardan kaynaklanır. Temel hava kirleticisi maddeler, azot oksitler (NO_x), kükürt oksitler (SO_x), karbon monoksit (CO), uçucu organik bileşikler (VOC' ler) ve partikül maddeler (PM) olmak üzere beş sınıf altında incelenmektedir (Peavy vd., 1985).

1.3.4.1. Azot Oksitler

Azot monoksit (NO), yüksek sıcaklıkta gerçekleşen yanma sürecinde oluşan renksiz ve kokusuz bir gazdır; bu yanma süreci, her türlü yanma olayında meydana gelir. Bu gazlar arasında, doğal azot çevriminin bir parçası olarak ortaya çıkan ve yanma kaynaklı olan NO₂ gazı en zehirli olanıdır. Atmosferdeki yarılanma ömürleri düşüktür ve atmosferde 1 ppb' nin altındaki konsantrasyonlar beklenir. Ancak, yapılan çeşitli çalışmalarda, kentsel atmosferde bu konsantrasyonların 40-80 ppb hatta 300-1400 ppb' ye kadar çıkabildiği gözlemlenmiştir (WHO, 1997; Ozkurt vd., 2013).

Güneş ışığına maruz kaldığında, azot dioksit kirli kahverengimsi bir renk alır. Azot dioksitin konsantrasyonu 0,01 ppm' nin altına düştüğünde, 2-3 yaş arası çocuklarda bronşit vakalarında artış gözlemlenmiştir. Bu gaz, düşük konsantrasyonlarda bakteriyel enfeksiyonlara karşı direnci azaltabilir (Coşkun 2008).

NO₂ ve diğer azot oksitleri atmosferdeki su, oksijen ve diğer kimyasallarla reaksiyona girerek aşındırıcı özellikte bir madde olan HNO₃' ü oluşturur. Bu süreç, fotokimyasal sisin ve asidik yağışların oluşumuna katkıda bulunabilir (Tecer, 2011). Evrensel bir sorun olan asit yağmuru, hassas ekosistemlere, özellikle göllere ve ormanlara zarar vermektedir. Ayrıca, azot oksitlerin nitrat parçacıkları oluşturarak havanın puslu olmasına katkıda bulunduğu bilinmektedir (EPA, 2023).

1.3.4.2. Kükürt Oksitler

Renksiz ve yanıcı olmayan kükürt oksitler, gaz halindeki kirleticiler arasında en yaygın bilinen birincil hava kirleticilerdendir. Kükürt oksitleri, altı farklı oksidin bir kombinasyonundan oluşur ve genellikle SO_x olarak toplu bir parametre olarak ifade edilir (Bayat 2005). Yüksek konsantrasyondaki SO_x' in %95' i solunum yollarında absorbe edilerek tahribata neden olur, hücresel solunumu bozar ve bu durum bronşit, amfizem ve diğer akciğer hastalıklarının semptomlarına yol açabilir (Onat vd., 2012).

1.3.4.3. Karbon Monoksit

Renksiz, kokusuz ve tatsız olan karbon monoksit, karbonlu yakıtların eksik yanması sonucu ortaya çıkar. Bu birincil hava kirleticisi, oksijen eksikliği, tutuşma sıcaklığı,

yüksek sıcaklıkta gazın kalıcılık süresi ve yanma odası türbülansı gibi faktörlerin eksikliği nedeniyle tam yanma olamadığında CO₂ yerine oluşur (Masters 1991).

CO gazı solunduğunda, genellikle tam olarak anlaşılamayan bir anestezi etkisi vardır; ancak bu etki, durdurucu mekanizmalar işlemezse boğulma sürecine neden olabilir ve bu durum ölüme kadar gidebilir (Gorman vd., 2003).

1.3.4.4. Uçucu Organik Bileşikler

Metan dışındaki uçucu organik bileşikler, güneş ışığında NO_x ile reaksiyona girerek fotokimyasal oksidanları oluşturabilen, antropojenik ve biyojenik kaynaklardan kaynaklanan bileşikler olarak tanımlanmaktadır (Müezzinoğlu, 2003). Bu uçucu organik bileşiklerin temel sağlık etkileri, akut ve kronik solunum yolu etkileri, nörolojik toksisite, akciğer kanseri, göz ve boğaz tahrişi gibi durumları içerir (Guo vd., 2004). Birçok VOC' nin toksik olduğu düşünülmekte olup, karsinojenik, mutajenik veya teratojenik etkileri olabileceği bilinmektedir (Mo vd., 2009). Ayrıca, VOC' ler gibi birçok kapalı alan hava kirleticisinin akciğer kanserine neden olabileceği bilinmektedir. Yaşam boyu VOC' lerden kaynaklanan kanser riskinin üst sınırı, radon ve sigara dumanından kaynaklanan risk tahminleri ile oldukça benzerdir (Wallace 1991).

1.3.4.5. Partikül Maddeler

Partiküller, hava kirliliği içinde önemli bir rol oynar. 0,001-1µm büyüklüğündeki partiküllere duman, 0,1-10µm büyüklüğündeki partiküllere ise sis denir. Sis, yoğunlaşma yoluyla oluşan ince sıvı damlacıklarından meydana gelirken, dumanlar gazların yoğunlaşması, süblime olması veya kimyasal reaksiyona girmesi sonucu oluşur (Peavy vd., 1985).

Partiküllerin sağlık üzerindeki etkileri, partikül büyüklüğü ve konsantrasyonuna bağlıdır, özellikle 10µm' nin altındaki partiküller önemlidir. Bu küçük partiküllerin akut etkileri arasında solunum sistemi hastalıklarında artış, öksürükte artış ve solunumda azalma bulunmaktadır. Bu partiküller, 0,01-1µm arasındakiler akciğer içinde alveollere nüfuz ederek birikir ve bu birikimlerin sonucunda akciğerlere zarar verebilir. Ayrıca, bu partiküllerin içinde bulunan kurum, uçucu kül, benzin, dizel egzoz partikülleri, benzopiren gibi maddelerin uzun süreli solunması, kanser riskini artırabilir ve kalp

üzerinde ciddi bir baskı oluşturarak kalbin daha fazla çalışmasına neden olabilir (Onat vd., 2012).

1.3.5. Hidrojen Sülfür

Jeotermal enerji faaliyetlerinin yoğun olduğu bölgelerde sıkça dile getirilen şikayetlerden birisi kokularla ilgilidir. Kokunun kaynağı ise jeotermal kaynakların içinde mevcut olan H_2S gazıdır (Tunçbilek ve Yılmaz, 2021). Bu toksik gazın detaylı incelemesi, çevreye ve sağlığa olan etkileri ayrıntılı olarak ele alınmıştır.

1.3.5.1. Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

Hidrojen sülfür, renksiz, havadan ağır, su ve alkolde çözünebilen, mavi alevle yanan, korozyon özellikte ve çürük yumurta kokusuna sahip oldukça zehirli bir gazdır. Organik madde ve sülfat (SO_4) varlığında, fermantasyon süreci sonucunda ortaya çıkar. Hidrojen sülfür, çürümenin doğal bir yan ürünüdür (WHO, 2000; Chou, 2003; Chou vd., 2016). Çizelge 1.4’ de H_2S ’in fiziksel ve kimyasal özellikleri verilmiştir.

Çizelge 1.4. H_2S ’ in fiziksel ve kimyasal özellikleri (Chou, 2003)

Karakteristik		
Madde adı		Hidrojen Sülfür
Kimlik numaraları	CAS (KBN)	7783-06-4
	PubChem numarası	402
	UN numarası	1053
	RTECS numarası	MX1225000
Eş anlamlıları		Dihidrojen monosülfür, dihidrojen sülfür, hidrosülfirik asit, hidrotiyonik asit, sülfhidrik asit, sülfür hidrit, kükürtlenmiş hidrojen, sülfan, sülfürlü hidrojen ve kanalizasyon gazı
Moleküler formül		H_2S
Moleküler kütlesi		34,08 g/mol
Yoğunluk		25 °C de 1,39 g/l
Erime noktası		-85,5 °C
Kaynama noktası		-60,4 °C
Çözünürlük		20 °C de 3980 mg/L (Suda)
Renk		Renksiz
Koku		Çürük yumurta kokusu
Çevirme çarpanı		1 ppm H_2S = 1,39 mg/m ³

Hidrojen sülfür (H_2S), suda ve alkolde kolayca çözünebilen bir gazdır. Ayrıca, eter, amin, alkali karbonat, gliserol, hidrosülfid ve bikarbonat gibi sıvılarda da çözünme özelliğine sahiptir. Metal (örneğin Zn, Fe, Ca, Cu, Mn vb.) ve metal oksitleri ile etkileşime girerek sülfitleri oluşturabilir. Bu özelliği, H_2S ' yi aşındırıcı ve tehlikeli hale getirir (WHO 1981; Aksu, 2020).

H_2S , oksitleyici maddenin türüne ve konsantrasyonuna bağlı olarak bir dizi oksidasyon reaksiyonuna girebilir. Bu reaksiyonlar sonucunda sülfür dioksit, sülfürik asit veya elementel sülfür gibi çeşitli ürünler oluşabilir. Reaksiyon hızları ve oksidasyon ürünleri, oksitleyici maddenin doğasına göre değişiklik gösterir. Nitrojen oksitlerin varlığında, H_2S ' in oksidasyonu sülfür dioksit veya sülfürik asit oluşumuna yol açabilir (WHO 1981).

H_2S , havadan 1,19 kat daha ağır olan bir gazdır. Zemine yakın bölgelerde birikebilir, kolayca tutuşup yanabilir ve havayla patlayıcı karışımlar oluşturabilir. H_2S gazının hava içindeki konsantrasyonu %4,3 ile %46 arasında olduğunda patlayıcı özellik gösterir. Ayrıca, H_2S gazının yanması sonucu ortaya çıkan sülfür dioksit (SO_2) gazı da zehirlidir (WHO 1981).

1.3.5.2. Hidrojen Sülfür Kaynakları

H_2S , hem doğal hem de antropojenik olarak üretilmektedir. Atmosferdeki H_2S ' in büyük bir kısmı volkanlar, göller, okyanuslar, toprak, bitkiler ve tuzlu bataklıklar gibi doğal kaynaklardan gelmektedir (Steudler ve Peterson, 1984).

İnsan faaliyetleri sonucu oluşan H_2S emisyonu, doğal kaynaklardan kaynaklanan H_2S emisyonuna göre genellikle daha düşüktür (Türker, 2000). Doğal kaynaklar, atmosferdeki toplam H_2S ' in yaklaşık %90' ını oluşturmaktadır (Driver ve Freedman, 1993).

H_2S , petrol rafinerilerinden, petrokimya fabrikalarından, doğalgaz tesislerinden, gıda işleme fabrikalarından, kok kömürü fabrikalarından, jeotermal enerji santrallerinden, gübre fabrikalarından, demir-çelik işletmelerinden, çimento fabrikalarından, kağıt fabrikalarından, aerobik ve anaerobik arıtma tesislerinden, deri fabrikalarından, organik maden ocaklarından, yağ endüstrisinden, nişasta hidroliz ürünleri üretiminden, rayon lifi üretiminden, konsantre hayvan çiftliklerinden ve naylon endüstrisinden antropojenik

olarak salınmaktadır (Steudler ve Peterson 1984; Türker, 2000; WHO, 2000; Chou, 2003; Lewis ve Copley, 2015; Johannes vd., 2017).

1.3.5.3. Hidrojen Sülfür' ün Çevreye Etkisi

Jeotermal enerji çalışmalarının çevresel etkileri genellikle hava, su, toprak, ısısal ve gürültü kirliliği olarak sınıflandırılabilir. Bu çalışmalarda en önemli sorun, atmosfere verilen buharla taşınan yoğunlaşmayan gazlardır. Jeotermal süreçte, yoğunlaşmayan gazların bacalardan salınımı, soğutma bölümlerinde yoğunlaşmayan gazların buharlaşması, susturucular, buhar borularından buharın drenajı ve soğutma bölümlerinden fazla yoğunlaşmış gazın emisyonu gibi en önemli emisyon noktaları bulunmaktadır. Bu emisyonlardan kaynaklanan en önemli yoğunlaşmayan gazlar arasında karbondioksit ve hidrojen sülfür gazı bulunmaktadır (Dağ, 2015).

Jeotermal alanlardan salınan sular, doğal su kaynaklarından daha yüksek sıcaklığa sahip olduklarından potansiyel ısıl kirleticilerdir. Bu sular, lityum, florür, hidrojen sülfür, arsenik, kurşun, bor, çinko, cıva ve amonyak gibi kimyasal kirleticilerle birlikte yüksek miktarlarda silika, karbonat, sülfat ve klorür içerirler. Jeotermal sahalardan çıkan sıvının akarsulara veya göllere bırakılması durumunda, bu kirleticilerin sucul organizmaları, bitkileri ve insan sağlığını olumsuz etkileme potansiyeli vardır. Ayrıca, yüksek tuz oranına sahip yeraltı sularının çevreye bırakılması, yeryüzü sularının kalitesini olumsuz etkileyebilir (Saner ve Popovski, 2005).

1.3.5.4. Hidrojen Sülfür' ün Sağlığa Etkisi

Hidrojen sülfür, havadaki yoğunluğu sınır değerleri aşıldığında canlılar için tehlike oluşturabilir. Bu gaz özellikle sinir sistemini kolaylıkla etkileyebilir ve mitokondriyaldeki sitokrom enzimlerinde bulunan demir ile bağ oluşturarak hücresel solunumu durdurucu etki yaratabilir. Birkaç nefes alındıktan sonra bilinç kaybına neden olabilir ve ölüme yol açabilir. Ayrıca, H₂S içeren havayı soluyan canlıların hemoglobininde değişiklikler oluşur ve kan renginin kırmızıdan zeytin rengine dönüşmesine sebep olarak oksijenin taşınmasını engelleyebilir (Öztürk, 2017).

H₂S solunması, insan sağlığı açısından ciddi sorunlara yol açabilir. Çizelge 1.5' te belirtildiği gibi, sürekli maruz kalma durumunda 15-50 ppm H₂S seviyeleri baş ağrısı,

bulantı ve baygınlığa neden olabilir. Bu seviyelerin artmasıyla birlikte, 200-300 ppm' de koma ve bilinç kaybı gibi daha ciddi etkiler görülebilir. 700 ppm' nin üzerindeki H₂S seviyelerine ise 30 dakikadan daha uzun süre maruz kalınması ölümle sonuçlanabilir (Pagella vd., 1996).

Çizelge 1.5. H₂S gazının insan sağlığına etkileri (Pagella vd., 1996)

H ₂ S Konsantrasyonu (ppm)	Etkisi
5	Kokusu kolayca hissedilir
10	Göz rahatsızlıkları
30	Çürük yumurta kokusu
100	2-15 dakikada koku hissinin kaybı
200-300	Nefes yolları ile ilgili rahatsızlıklar. Koku hissinde ani kayıp
500-700	Kendinden geçme hali ve muhtemelen 30-60 dakikada ölüm
700-1000	Hızlı kendinden geçiş ve solunumun durması
1000-2000	Ani kendinden geçiş ve 1-2 dakikada ölüm



2. KAYNAK ÖZETLERİ

Hava istasyonları, hava durumundaki değişiklikleri gözlemlemek ve elde ettiği verileri belirlenen yerlere iletmek amacıyla kullanılan meteorolojik istasyonlardır. Modern hava izleme istasyonlarında, sıcaklık, bağıl nem, çığ noktası, rüzgâr yönü, rüzgâr hızı, atmosfer basıncı gibi hava parametrelerinde meydana gelen değişiklikleri izlemek için çeşitli sensörler kullanılmaktadır. Meteorolojik sensörler, bir mikrodnetleyici aracılığıyla kontrol edilerek hava ölçümleri otomatik olarak kolay ve ekonomik bir şekilde gerçekleştirilmektedir. Bu yaklaşım sayesinde hava izleme sistemlerinin maliyetleri minimuma indirilebilmektedir (Devaraju vd., 2015).

Yapılan çalışmalara göre, Devaraju ve ekibi, PIC16F887 mikrodnetleyicisi kullanarak düşük maliyetli, kablosuz ve taşınabilir bir hava izleme istasyonu geliştirmiştir. İstasyon, bağıl nem, atmosfer basıncı, yağış, güneş radyasyonu, rüzgâr hızı, rüzgâr yönü, yüzey ve ortam sıcaklığı gibi hava parametrelerini ölçmektedir. Bu ölçümler hem kaydedilmekte hem de kablolu ve kablosuz modüller aracılığıyla kullanıcılara iletilmektedir (Devaraju vd., 2015).

Hava durumunun tahmin edilebilmesi için geniş kapsamlı meteorolojik verilere ihtiyaç duyulmaktadır. Ancak, mevcut meteorolojik veri toplama araçlarının yüksek maliyetleri, geniş kapsamlı izleme sürecinde bazı dezavantajlara yol açmaktadır (Saini vd., 2016). Bu durumu aşmak için düşük maliyetli mini hava istasyonları geliştirilmektedir.

Okullarda ve araştırma merkezlerinde gerçek zamanlı hava durumunu izlemek amacıyla düşük maliyetli ve kompakt bir hava istasyonu geliştirilmiştir. Rüzgâr hızı, rüzgâr yönü, hava sıcaklığı, nem, atmosferik basınç, yağmur ve güneş radyasyonu verileri, Raspberry Pi 3 kontrolcü kartı kullanılarak Wi-Fi ağı üzerinden veri tabanı sunucusuna aktarılmaktadır. Bu verilere, web sayfası aracılığıyla uzaktan erişim sağlanarak hava durumu bilgilerini kullanıcılar görebilmektedir (Baste ve Dighe, 2017).

Sazak ve Albayrak yaptıkları çalışmada, ESP32 cihazının bulunduğu noktadaki sıcaklık ve nem verilerini toplayıp, bu verileri uzak bir sunucuya aktarabilen, aynı zamanda sosyal medya platformunda paylaşıp, belirlenen bir değere ulaşılmasında bunu mobil cihazlara bildirim gönderebilen, nesnelerin interneti konusunda düşük maliyetli, minimal tasarıma sahip çok yönlü bir sistem tasarlamışlardır (Sazak ve Albayrak, 2017).

Arduino Uno, Raspberry Pi 3, Spark Fun Weather Shield ve Weather Meter kullanılarak gerçek zamanlı hava parametrelerini çevrimiçi takip edilebilen bir hava sistemi oluşturulmuştur. Bu sistemde, sensörler aracılığıyla toplanan veriler Google Cloud SQL' de depolanmakta ve hava durumu verilerinin analizi yapılmaktadır. Mobil ve web tabanlı arayüzler kullanılarak gerçek zamanlı hava durumu bilgileri görsel olarak kullanıcılara sunulmuştur (Muck ve Homam, 2018).

Irmak ve Aydılek' in çalışmasında, ÇŞİDB' nin Adana Valiliği' nde kuruluan UHKÖİ' ye ait olan azot dioksit (NO₂), kükürt dioksit (SO₂), ozon (O₃), karbon monoksit (CO) ve toz parçacıkları (PM₁₀) gibi hava kirletici gazların ölçüm değerlerine farklı makine öğrenme algoritmaları uygulayarak hava kalitesi indeksi tespit etmeye çalışmışlardır (Irmak ve Aydılek, 2019).

Kelebekler ise yaptığı meteorolojik veri takibinde, 32bit Arduino Due mikrodenetleyici kullanarak, çalışma yaptığı bölgede belirli tarihler arasındaki global ışıma, sıcaklık, nem, rüzgâr hızı ve yönü verilerini, ESP32 wifi modülü aracılığıyla bulut ortamına alarak, sistemi nesnelerin interneti uygulamasına dönüştürmüştür (Kelebekler, 2019).

Gültepe hava kirliliğinin tahmini üzerine yaptığı çalışmasında, Kastamonu ili özelinde, başarılı sonuçlar elde eden ve yakın geçmişte ortaya çıkan makine öğrenmesi algoritmalarını kullanarak nem, PM₁₀, rüzgâr yönü, SO₂, hava basıncı, rüzgâr hızı ve hava sıcaklığı gibi meteorolojik değişkenlerle hava kirliliği tahmini yapacak modeller tasarlamıştır (Gültepe, 2019).

Karakuş ve Yıldız' ın çalışmasında, Sivas kent merkezindeki hava kirliliği değerlendirilmiş ve HKİ hesaplanmıştır. Kent merkezine üç adet hava kalitesi izleme istasyonu yerleştirilerek, hava kirletici parametrelerin çoklu regresyon yöntemi kullanılarak HKİ ile meteorolojik parametreler (rüzgâr hızı, bağıl nem ve sıcaklık) arasındaki ilişkiler belirlenmeye çalışılmıştır (Karakuş ve Yıldız, 2019).

Hussein ve diğerlerinin yaptığı çalışmada Arduino Uno ve ZigBee teknolojisi kullanılarak düşük maliyetli bir hava istasyonu prototipi oluşturulmuşlardır. Bu istasyon, yağmur durumu, rüzgâr seviyesi, hava basıncı, toz yoğunluğu, sıcaklık ve nem gibi parametreleri sensörler aracılığıyla belirlemektedir. İstasyon tarafından ölçülen değerler, www.weather.com sitesinden alınan sonuçlarla karşılaştırılmış ve önerilen modelin internet bağlantısı olmadan güvenilir bir şekilde herhangi bir alanda uygulanabileceği kanıtlanmıştır (Hussein vd., 2020).

3. MATERİYAL VE YÖNTEM

Bu bölümde hava kalitesi parametrelerini ölçmek için tasarlanan sistemler ile bu sistemler için kullanılan sensörler ve diğer elektronik devre elemanları ile çevrimiçi platformla bağlantı kurmaya yarayan mikrodenetleyici ayrıntılı olarak açıklanmıştır.

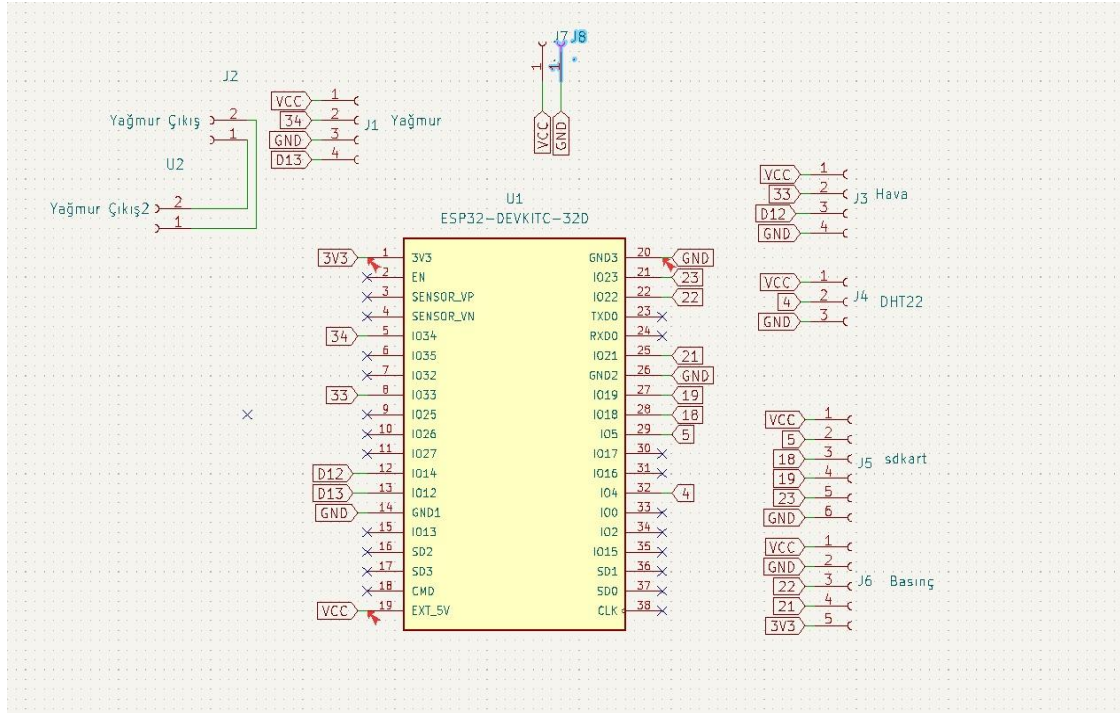
3.1. Materyal

Bu çalışmada Aydın' ın Efeler İlçesi, Yedi Eylül Mahallesi' nde bulunan ÇŞİDB' ye ait resim 3.1' deki, UHKÖİ' ye yakın iki farklı noktaya yapımı gerçekleştirilen hava kalitesi ölçüm sistemleri yerleştirilmiştir.

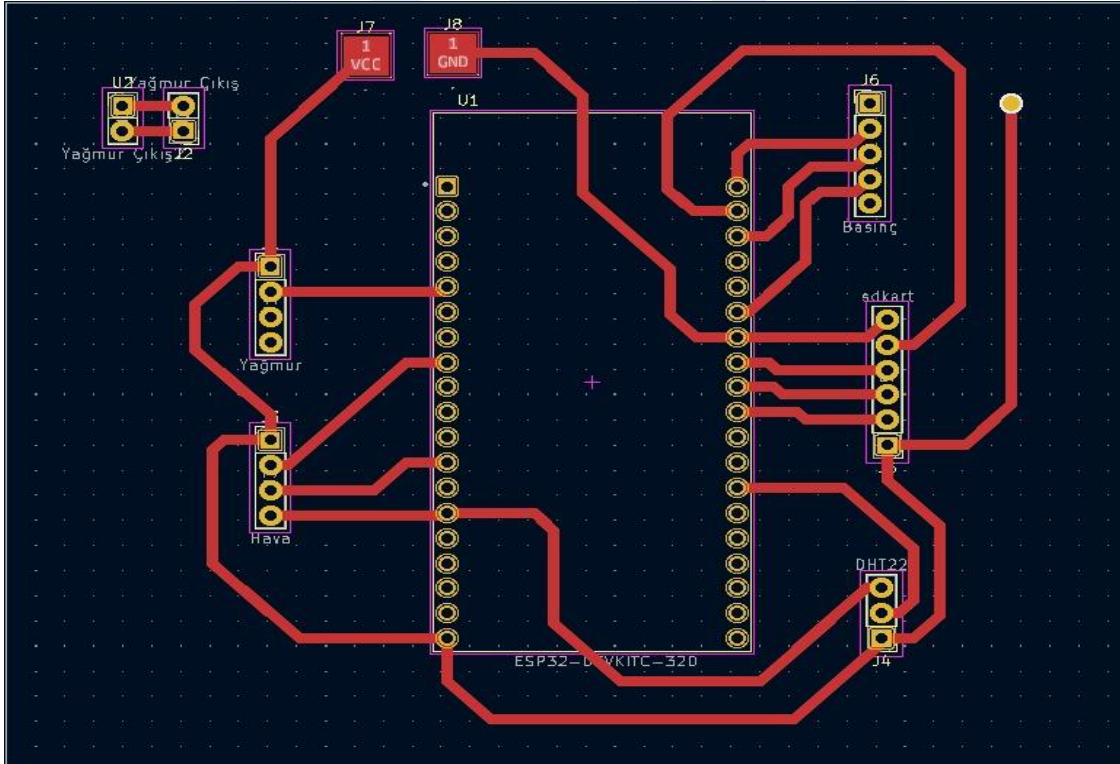


Resim 3.1. Ulusal hava kalitesi ölçüm istasyonu

Kurulan bu sistemler, sıcaklık, nem, basınç, yağmur ve karbon monoksit gibi meteorolojik olayları ölçen ve bunu eşzamanlı olarak bulut ortamına kaydedip, çevrimiçi olarak kullanılmasına imkân sağlayan kablosuz ağ bağlantısı sahip olan şekil 3.1' deki hava kalitesi ölçüm sistem tasarımı genel blok şeması proteus programı üzerinden tasarlanmıştır. Tasarlanan bu sistemin PCB devre şeması ise şekil 3.2' de yer almaktadır. İki farklı lokasyonda yapılan ölçümlerde sıcaklık, nem, basınç ve karbon monoksit sırasıyla; °C, %RH, hPa ve $\mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak kaydedilmiştir.



Şekil 3.1. Hava kalitesi ölçüm sistem tasarımı genel blok şeması

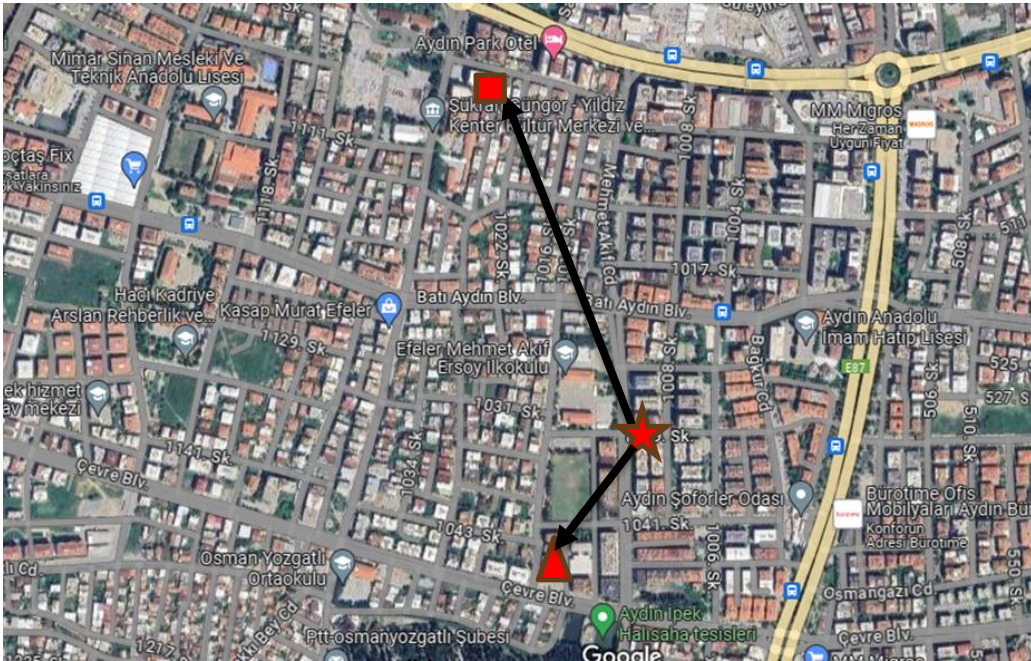


Şekil 3.2. Hava kalitesi ölçüm sistem tasarımı pcb şeması

Belirlenen iki sabit sistem lokasyonuna ek olarak, döner kanatlı insansız hava aracı ile mobil istasyon oluşturulup, aynı ölçümlerin gerçekleştirilebileceği düşüncesi ile

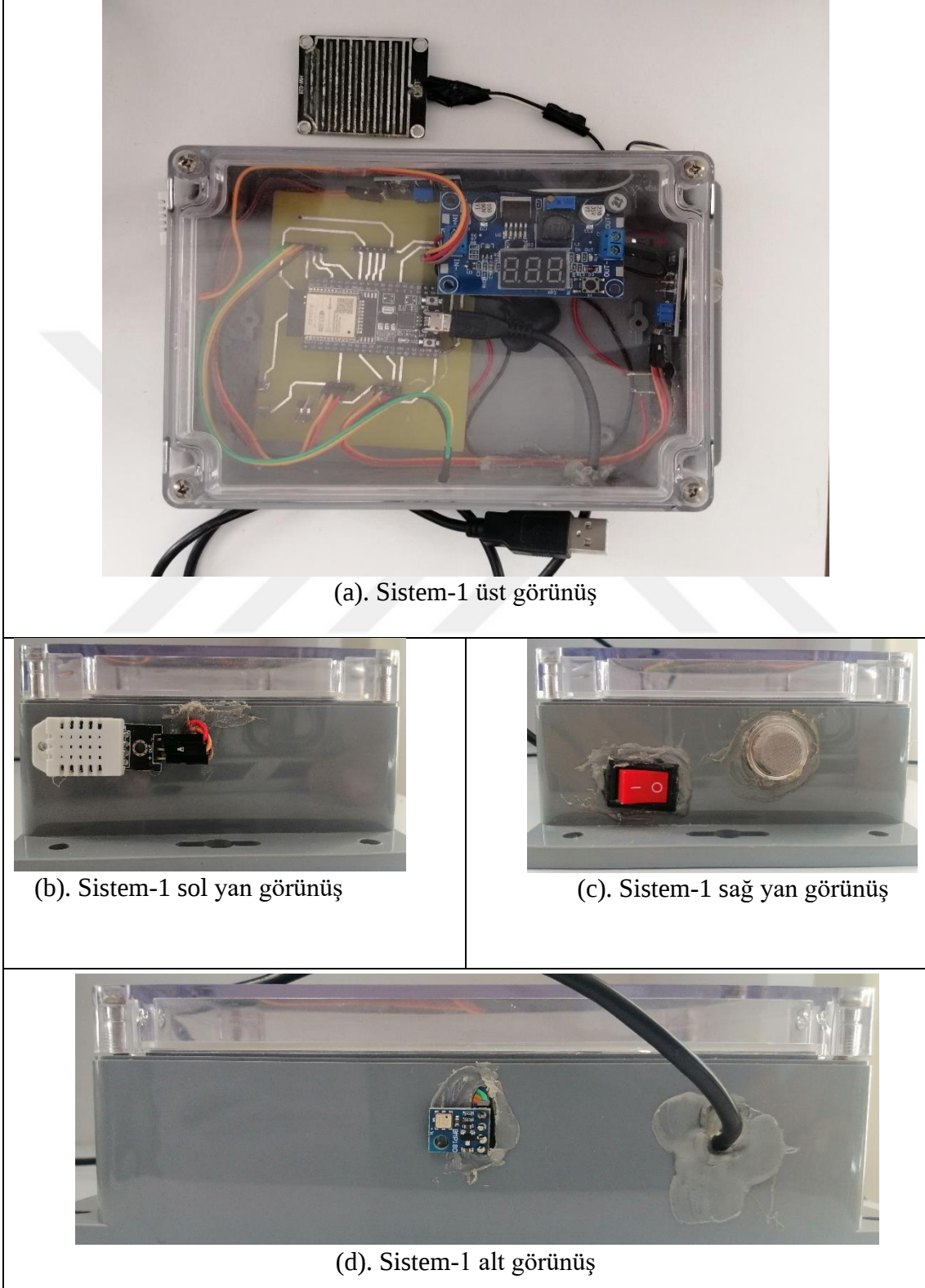
sistem tasarlandığından, sistemin devre şemasında sd kart bağlantı modülüne yer verilerek, sistemin çevrimiçi olmadığı zamanlarda veri depolamasına imkân sağlanmıştır. Bu imkandan tez kapsamında yararlanma planlanmış olsa da, Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimine (BAP) proje desteği için başvurulduğunda, tez de kullanılacak malzemelerin hepsini aynı anda tedarik edebilecek firma bulunamadığından, malzemeler için beşten fazla firmayla görüşülüp, alınan tekliflerin BAP birimince değerlendirilmesi beklenenden uzun sürdüğü ve beklenmedik enflasyon karşısında malzeme tedarigi için verilen destek miktarının yetersiz duruma düşmesinden dolayı, insansız hava aracının kullanılmasından feragat edilmiştir. Bu sebeple mobil istasyon birimi bu çalışmada kullanılamamıştır. Fakat resim 3.2’ teki sistem-1 üzerine voltaj regülatörü ve baskı devresindeki Vcc ve Gnd çıkışlarına harici gerilim kaynağı bağlanarak farklı bir ortama taşınarak çevrimiçi olma olanağı sağlanmıştır. Ayrıca tezin hazırlanmasında ilham kaynağı olan hidrojen sülfür sensörünün mobil istasyon uyumlu bir ürünü, ülkemizde bulunmadığından dolayı, sensör verileri www.havaizleme.gov.tr internet adresinden temin edilmiştir.

Bu yüzden insansız hava aracı kullanılamayıp, Google haritalardan alınan şekil 3.3’ te, kırmızı yıldız şekli ile belirtilen yerde bulunan UHKÖİ’ nin, kuzeybatısına kuş uçuşu uzaklığı yaklaşık 500 metre olan kırmızı kare ile belirtilen yere sistem-1, güneybatısına kuş uçuşu uzaklığı yaklaşık 270 metre olan kırmızı üçgen ile belirtilen yere sistem-2 yerleştirilmiştir.



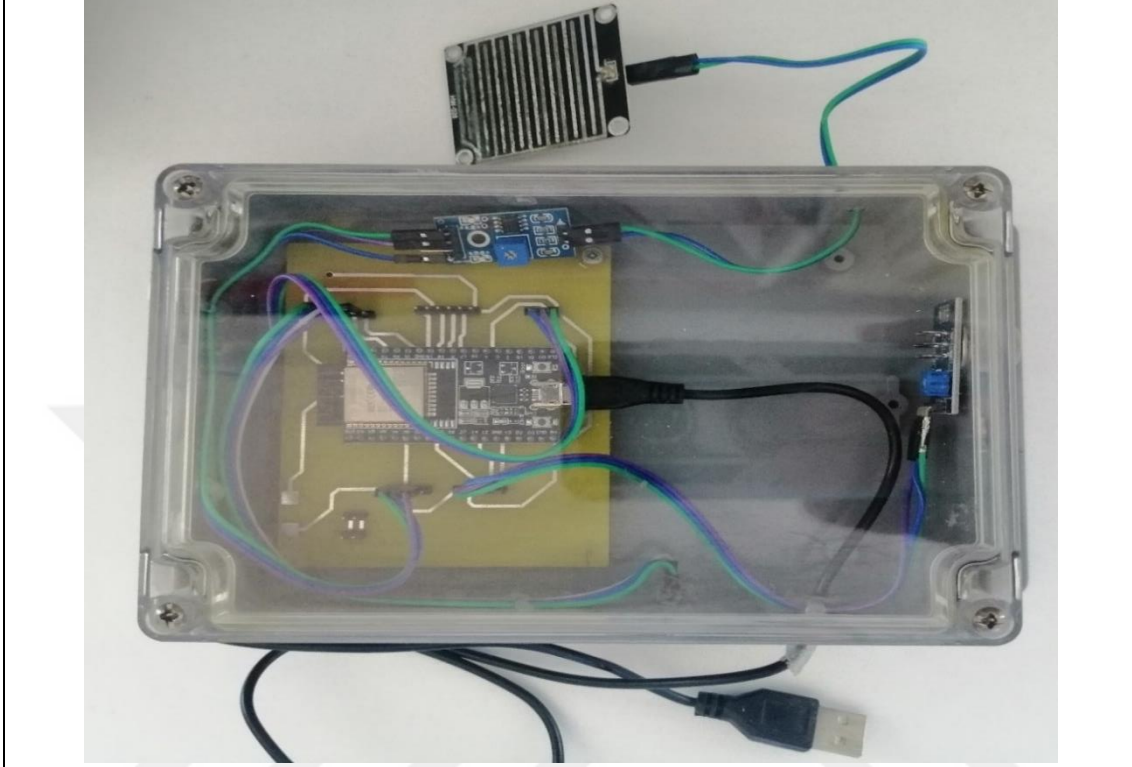
Şekil 3.3. UHKÖİ, sistem-1 ve sistem-2’ nin konumları

Kırmızı kare konumuna yerleştirilen sistem-1 cihazına ait resim 3.2’ de farklı görünümlerine ait görseller verilmiştir.

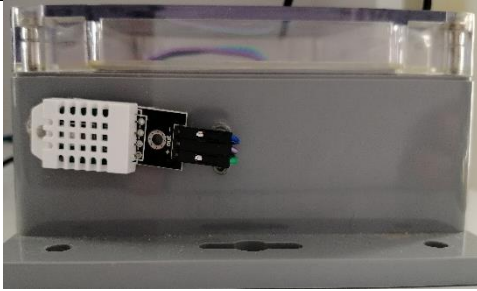


Resim 3.2. Sistem-1 hava kalitesi ölçüm sistem tasarımı

Kırmızı üçgen konumuna yerleştirilen sistem-2 cihazına ait resim 3.3’ de farklı görüşlerine ait görseller verilmiştir.



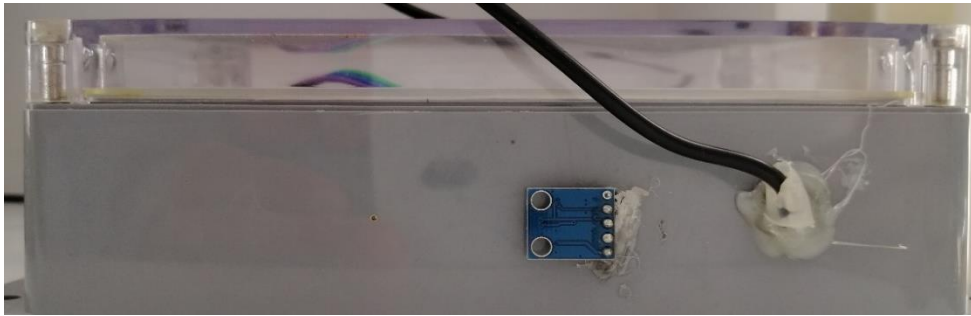
(a). Sistem-2 üst görünüş



(b). Sistem-2 sol yan görünüş



(c). Sistem-2 sağ yan görünüş



(d). Sistem-2 alt görünüş

Resim 3.3. Sistem-2 hava kalitesi ölçüm sistem tasarımı

3.2. Ölçümde Kullanılan Elektronik Elemanlar ve Sensörler

Hava kalitesi ölçüm sistem cihazı; basınç, sıcaklık, nem, karbonmonoksit ve yağmur gibi meteorolojik değişkenleri belirli aralıklarla izleyen ve bu değişkenlerin ürettiği değerleri kablosuz ağ bağlantısı yoluyla bulut ortamına aktarılması aşağıda belirtilen cihazlar sayesinde gerçekleştirilmiştir.

3.2.1. Basınç Sensörü

BMP180, etrafındaki havanın mutlak basıncını, yüksekliği ve sıcaklığı ölçme yeteneğine sahip bir barometrik basınç sensörüdür. Robotik ve elektronik uygulamalarda hava basıncını ölçmek için kullanılan bu kompakt boyutlu sensör, ölçülen basınç değerinin hem hava durumuna hem de irtifaya bağlı olarak değişebildiği bir çözüm sunar. Sensör, 300-1100 hPa arasındaki basınç değerleri ile 500-9000 metre arasındaki yükseklik değerlerini ölçebilir. I²C seri iletişim protokolü ile çalışan sensör, besleme, toprak, scl ve sda olmak üzere toplamda 4 pin içermektedir (Mahbub, 2020). Basınç sensörü şekil 3.4' te gösterilmektedir.

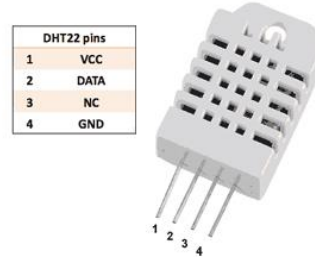


Şekil 3.4. BMP180 basınç sensörü (Mahbub, 2020)

3.2.2. Sıcaklık ve Nem Sensörü

DHT22, kapasitif nem ve termistör sıcaklık sensörlerini bir araya getiren bir sensördür. Şekil 3.5' teki DHT22 sıcaklık ve nem algılayıcısı, gelişmiş bir sensör birimi olarak kalibre edilmiş dijital sinyal çıkışı sunar. Bu sensör, hızlı tepki süresi ve yüksek hassasiyet sağlamak üzere 8 bitlik bir mikrodenetleyici içerir. Ürün algılama işlemi sırasında, bu katsayıya hafızada saklanan değeri kullanır. -40 ile 80°C arasında $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ hassasiyetle sıcaklık ölçümü ve 0-100%RH aralığında $\pm 2\%\text{RH}$ hassasiyetle nem ölçümü

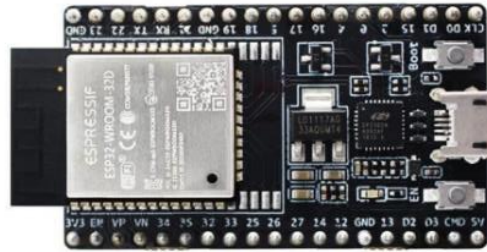
gerçekleştirebilir. Modül üzerindeki mikrodenetleyici aracılığıyla sıcaklık ve nem ölçen birim arasında iletişim, tek hatlı bir veri yolunu kullanarak sağlanır (Taştan, M. 2019).



Şekil 3.5. DHT22 sensörü ve pin yapısı (Taştan, M. 2019)

3.2.3. Mikrodenetleyici Kart

ESP32, Espressif firması tarafından geliştirilen bir yonga sistemdir ve Wi-Fi teknolojisini entegre ederek yüksek performans, küçük boyut ve düşük güç tüketimi sunar. Bu özellikleriyle, diğer cihazlara Wi-Fi yetenekleri kazandırmak veya bu yetenekleri kullanarak bağımsız, düşük maliyetli uygulamalar geliştirmek için ideal bir platform sağlar (Nisio vd., 2015).



Şekil 3.6. ESP32 wifi bluetooth geliştirme modülü (direnc.net, 2023)

Şekil 3.6' daki ESP32 mikrodenetleyicisi, elektronik projelerinde internet erişimi sağlayarak veri yükleme ve veri almaya, projeleri internet üzerinden kontrol edebilmeyi sağlayan modüldür (Rumalutur ve Mappa, 2019). Çizelge 3.1' de ESP32 modülünün özellikleri verilmiştir (Espressif Systems, 2020).

Çizelge 3.1. ESP32 seri wi-fi modülü özellikleri (Espressif Systems, 2020)

Frekans	2,4GHz
Veri Gönderim Hızı	54Mb/s
Çalışma Sıcaklık Aralığı	-20° - +70°
Çıkış Gücü	19,5 dBm
Çalışma Besleme Gerilimi	3,3V
Güvenlik	WPA, WPA2 , WPS

3.2.4. Hava Kalitesi Sensörü

Şekil 3.7’ deki MQ-135 hava kalite sensörü, çeşitli gazların yoğunluğunu ölçerek ortamın hava kalitesini değerlendirmek amacıyla tasarlanmış çok yönlü bir sensördür. Bu sensör, NH₄, NO_x, alkol buharı, benzen, duman, CO ve CO₂ gibi birçok gazın yoğunluğunu ölçmek için kullanılmaktadır. Sensör, kullanım kolaylığı sağlamak amacıyla bir modül üzerine monte edilebilir, bu sayede arduino entegrasyonu daha basit hale gelir (Macit, 2023).

Modül, VCC ve GND pinleri aracılığıyla enerji alırken, A0 pininden analog çıkış ve trimpot ile ayarlanan eşik değeri aşıldığında D0 pininden dijital çıkış alabilir. Modül üzerinde, enerjinin varlığını gösteren ve dijital çıkışın aktif olup olmadığını gösteren iki adet LED diyot bulunmaktadır. MQ-135 sensör modülü, arduino ile kullanıldığında, MQ135 kütüphanesi kullanılarak toplam hava kalitesi veya tek tek gaz yoğunlukları ölçülebilir. Bu özellikler, sensörün geniş bir uygulama yelpazesinde kullanılabilmesine olanak tanır, özellikle hava kalitesi izleme sistemlerinde etkili bir çözüm sunar (Macit, 2023).

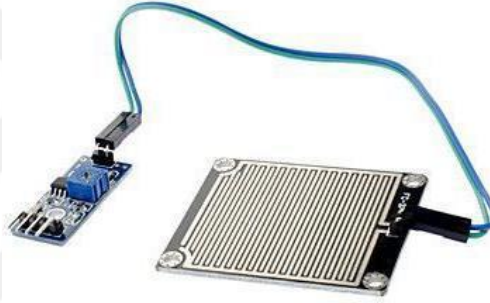


Şekil 3.7. MQ-135 Hava kalite sensörü modülü (Macit, 2023).

3.2.5. Yağmur Sensörü ve Dönüştürücü Kartı

Şekil 3.8’ deki yağmur sensörü, yağmurun tespit edilmesini veya yağmur şiddetinin ölçülmesini sağlayan bir sensördür. Bu sensör, iki ana parçadan oluşur: yağmur algılama modülü ve sürücü devre kartı. Algılama modülü, paralel sıralar halinde düzenlenmiş iletken çizgilerin su ile teması durumunda analog veya dijital değerler üretir. Bu değerler, sürücü kartı tarafından değerlendirilir ve yağmur tespit işlemleri gerçekleştirilir (Barkunan vd., 2019).

Dönüştürücü kartı üzerinde bulunan potansiyometre ile sensörün hassasiyet değeri ayarlanabilmektedir. Sensör üzerinde besleme, toprak ve dijital çıkış olmak üzere üç adet pin bulunmaktadır.



Şekil 3.8. Yağmur sensörü ve dönüştürücü kartı (Direnc.net, 2023)

3.2.6. Voltaj Regülatörü

Şekil 3.9’ daki modül voltaj düşürücü olması sebebiyle, giriş gerilimi her zaman çıkış geriliminden daha büyük bir değerdedir. Giriş geriliminde 4V~40V arasında besleme yapabilmektedir. 1,25V~37V arasında 2A’ e kadar çıkış alınabilmektedir. Voltaj yükseltme işlevini gerçekleştirmemektedir. Modülün üzerinde bulunan dahili voltmetre ile üzerindeki düğmeye basarak çıkış ve giriş gerilimlerini görebilirsiniz.



Şekil 3.9. DC voltaj regülatörü (direnc.net, 2024)

3.3. Yöntem

Bu bölümde hava kalitesi ölçüm sistem tasarımı çalışma yöntemi ve elde edilen verilere uygulanacak olan analiz yöntemleri detaylı olarak açıklanmıştır.

3.3.1. Hava Kalitesi Ölçüm Sistem Tasarımı Çalışma Yöntemi

Tez kapsamındaki hava kalitesi ölçüm sistem tasarımı veri toplama, iletim sistemleri, meteorolojik değişkenleri ölçen sensörlerden oluşmaktadır. Ölçüm için kullanılan, DHT22 ile sıcaklık ve nem ölçümleri, BMP180 ile basınç ölçümleri, MQ135 sensörü ile karbon monoksit ölçümü ve yağış miktarını belirlemek için ise yağmur sensörü kullanılmıştır.

Veri toplama birimi olarak ESP32 mikrodnetleyici tercih edilmiş olup, bu birim sensörlerden gelen verileri toplama, işleme ve saklama görevlerini üstlenmektedir. Elde edilen sensör verilerinin depolanması ve çevrimiçi erişimi için Google Tablolar kullanılmıştır.

Sistem-1; 13.02.2023-25.09.2023, sistem-2 ise 17.04.2023-25.09.2023 tarihleri arasında her yarım saatte bir sefer olmak üzere günde 48 kez anlık olarak ölçülen değerler kablosuz ağ bağlantısı ile bulut ortamına eşzamanlı olarak kayıt altına alınmıştır.

3.3.2. Sürekli Veri Toplama Sistemlerinin Kurulumu

Sürekli veri toplama sistemlerinin kurulum sürecinde öncelikle, ÇŞİDB' ye ait sıcaklık, nem, basınç, hidrojen sülfür, yağmur ve hava kalitesi gibi meteorolojik olayları takip eden Efeler İlçesi, Yedi Eylül Mahallesi' nde bulunan hava kalitesi izleme istasyona yakın iki konum tercih edilmiştir. Bu konumlandırma, çevresel faktörlerin etkilerini farklı perspektiflerden gözlemlemeyi amaçlamaktadır, böylece elde edilen verilerin daha kapsamlı ve temsilci olmasını sağlamayı amaçlamaktadır.

Veri toplama sistemlerinin kesintisiz ve güvenli bir şekilde çalışmalarını sürdürebilmeleri için doğrudan gerilim kaynağına mikrodnetleyici üzerinden bağlanmıştır. Bu bağlantı hem mikrodnetleyiciye hem de ona bağlı olan sensörlere gerekli olan enerjiyi sağlamaktadır. Ayrıca veri toplama sistemleri çoğunlukla hassas

elektronik parçalara sahip olduğu için su geçirmez, açık hava da kullanılacağı için de güneşe dayanıklı sert plastik kutu içerisine konulması tercih edilmiştir.

3.3.3. Veri Analizi ve İşleme

Sürekli veri toplama sistemleri tarafından kaydedilen verilerin analizi ve işleme süreci, belirlenen periyotlar içinde gerçekleştirilmektedir. Bu periyotlar, meteorolojik değişkenlerin zaman içindeki dinamiklerini yakalamak ve daha kapsamlı bir analiz yapmak adına özenle seçilmiştir. Bu süreçte, çeşitli analiz algoritmaları kullanılarak veriler detaylı bir incelemeye tabi tutulmaktadır.

Pearson korelasyon testi ve çoklu regresyon analizi yöntemleri, elde edilen verilerin güvenilirliğinin test edilmesi amacıyla kullanılmaktadır. Bu analiz yöntemlerine tabi tutulan verilerin, doğru bir şekilde yorumlanması meteorolojik değişkenler ile H₂S konsantrasyonları arasındaki ilişkilerin daha iyi anlaşılmasını sağlamaktadır.

Analiz sonuçları, Aydın Efeler ilçesine özgü meteorolojik değişkenlerin H₂S üzerindeki etkilerini değerlendirmek üzere detaylı bir şekilde incelenmesine ışık tutmaktadır. Bu aşama, elde edilen verilerin çevresel etkileşimleri daha iyi anlaması ve tezin genel hedeflerine ulaşması için kritik bir öneme sahiptir. Bu sayede, çevresel değişkenlerin H₂S üzerindeki etkileri anlamlandırılarak çevre sağlığı perspektifinden önemli bilgiler içermektedir.

3.3.3.1. Pearson Korelasyon Testi

Pearson korelasyon testi, veri kümesindeki sürekli değişkenler arasındaki ilişkiyi ölçen en yaygın istatistiksel analiz tekniğidir (Schober vd., 2018). Bu analiz tekniğinde hesaplanan pearson korelasyon katsayısı (r), -1 ile +1 arasında bir değer alır ve bu katsayı, tahmin edilen iki değişken arasındaki ilişkinin kapsamını ölçmek için kullanılır. Ayrıca, r 'nin değeri -1'e yakın ise değişkenler arasında negatif bir ilişki, +1'e yakın ise pozitif bir ilişki olduğunu gösterir. Bu katsayı, değişkenler arasındaki ilişkinin yönü ve büyüklüğü hakkında bilgi sağlar (Egghe ve Leydesdorff, 2009; Sensuse ve vd., 2015).

İlişkinin gücü korelasyon katsayılarının pozitif ya da negatif olmasına bakılmaksızın 0,10-0,29 küçük, 0,30-0,49 orta, 0,50-1,00 ise büyük etki olarak yorumlanabilir (Cohen, 1988, 1992; Field, 2009; Green ve Salkind 2014). Korelasyon

katsayısının değeri 0 olması, iki değişken arasında doğrusal bir ilişkinin bulunmadığını ifade eder. +1 ya da -1 olması ise iki değişken arasında mükemmel bir doğrusal ilişkinin varlığını gösterir (Pallant, 2017; Field, 2009). İki değişken arasındaki ilişkinin varlığına karar vermek için p değeri kullanılır; $p < 0,05$ ise ilişkinin var olduğu, $p > 0,05$ ise ilişkinin olmadığı kabul edilir (Çatar, 2020). Bağımsız değişkenler arasındaki yüksek düzeyde doğrusal ilişki, potansiyel bir çoklu ortak doğrusallık belirtisi taşır. Bağımsız değişkenler arasındaki r katsayısının 0,8 ve üzerinde olması, çoklu ortak doğrusallık olasılığını artırabilir; ayrıca, r değerinin 0,9 ve üzerinde olması, ciddi bir çoklu ortak doğrusallık sorununa işaret edebilir. Genelde, çoklu ortak doğrusallık sorununu önlemek için r değerinin 0,9' un üzerinde olmamasına dikkat edilir (Tabachnick ve Fidell, 2007; Field, 2009). Bu sayede değişkenler arasındaki doğrusal ilişkinin gücü ve yönü belirlenerek çevresel faktörlerin H₂S üzerindeki etkileri anlamlandırılmaktadır.

Karl Pearson (1896), korelasyon için matematiksel bir formül geliştirip literatürde sıkça kullanılan “Pearson Çarpım-Moment Korelasyon Katsayısı” ifadesini bilim çevresine tanıtmıştır (Rodgers and Nicewander, 1988). Karl Pearson tarafından tanımlanan bu katsayı denklem 3.1’ deki gibi matematiksel bir formül ile gösterilir.

$$\rho_{x,y} = \frac{Cov(X,Y)}{\sigma_x \sigma_y} = \frac{E((X-E(X))(Y-E(Y)))}{\sigma_x \sigma_y} \quad (3.1)$$

Bu formülde X ve Y rasgele değişkenlerinin ortalamaları $E(X) = \mu_x$, $E(Y) = \mu_y$ ve sonlu varyansları $\sigma_x^2 = Var(X)$, $\sigma_y^2 = Var(Y)$ ’ dir. Korelasyon katsayısının “Çarpım-Moment” kavramı; $\mu_{ij} = E[(X - \mu_x)^i (Y - \mu_y)^j]$, (i, j) moment çarpımı olarak $\rho = \mu_{11} / \sqrt{\mu_{20} \mu_{02}}$ eşitliğinden türemektedir.

Pearson çarpım-moment korelasyon katsayısı ile ilgili özellikler şu şekilde sıralanabilir:

- $|\rho| \leq 1$ eşitsizliği Cauchy-Schwarz eşitsizliği sonucu ortaya çıkar. Korelasyon katsayısı ± 1 sınırlarını aşamaz (Lord ve Novick, 1968).
- Eğer X artarken Y de artıyorsa (veya Y artarken X de artıyorsa), korelasyon katsayısı pozitif değer alır. Öte yandan, X artarken Y azalıyorsa (veya Y artarken X azalıyorsa), korelasyon katsayısı negatif değer alır.

- Eğer X ve Y rasgele değişkenleri birbirinden bağımsızsa, korelasyon katsayısı $\rho = 0$ olur. Ancak, bu durumun tersi her zaman doğru olmayabilir. Korelasyon katsayısının 0 olması durumunda, iki değişken arasında doğrusal bir ilişki olmadığı söylenebilir.

3.3.3.2. Regresyon Analizi

Regresyon kelimesi, ilk defa Sir Francis Galton tarafından kullanılmıştır. Galton, yaptığı araştırma sonuçlarını grafiksel olarak ifade etmek amacıyla bu değerlere “regression” (regresyon) adını verdiği bir eğriyi bulmuştur (Çakın ve Özdemir, 2019).

Problemlerin çoğu incelendiğinde, problemi oluşturan değişkenlerin birbirinden bağımsız olmadığı görülebilir. Bir değişken istatistiksel olarak değişim gösterdiğinde, diğer değişkenler aynı oranda değişim göstermeyebilir. Bu işlevsiz bağlantı durumu, sonuç bağıntısının anlaşılması açısından büyük önem taşır. Bu bağlantıyı ifade eden matematiksel ifadeye ise regresyon denklemi denir (Emre ve Selçukcan Erol, 2017).

Bir rastgele değişkenin değerini, diğer değişken veya değişkenlerin değerlerine bağlı olarak en doğru biçimde tahmin etmeye yardımcı olan regresyon denkleminin oluşturulmasına da regresyon analizi denir (Arı ve Önder, 2013).

Çoklu doğrusal regresyon analizi, tek bir bağımlı değişkenin birden fazla bağımsız değişkenle ilişkisini değerlendiren bir istatistiksel yöntemdir (Coakes, 2005). Çoklu doğrusal regresyon, bir bağımlı değişken ile aralarında doğrusal ilişki bulunan iki veya daha fazla nicel değişken arasındaki ilişkinin matematiksel bir eşitlik ile açıklanması sürecidir; bu yöntem, bağımsız değişkenlerin bağımlı değişkenin ne kadarını açıkladığını ve aralarında nasıl bir matematiksel ilişki olduğunu ifade eder (Büyüköztürk, 2010).

Temel regresyon yöntemlerinden olan çoklu doğrusal regresyon veri analizinden bu çalışmada yararlanılmaktadır. Çalışmada sıcaklık, nem, basınç, karbonmonoksit ve yağmur bağımsız değişken ve H_2S bağımlı değişken olarak kabul edilmiştir.

3.3.3.3. Ortalama Karesel Hata Analizi

Belirli bir t zamanı için p_t tahmin edilen ve r_t gözlemlenen zaman serisi olmak üzere hata e_t eşitliği denklem 3.2’ de gösterilmektedir (Sun vd., 2017).

$$e_t = r_t - p_t \quad (3.2)$$

Bu çalışmada denklem 3.3' te belirtilen istatistiksel hata ölçütlerinden birisi olan ortalama karesel hata (OKH) kullanılmaktadır (Sun vd., 2017).

$$OKH = \frac{1}{n} \sum_{i=0}^n e_t^2 \quad (3.3)$$

Ortalama karesel hata, test veri setinde yer alan gerçek değerler ile tahmin değerleri arasındaki farkların karelerinin ortalamasını ifade eder. Bu değer in sıfıra yakın olması, hatanın düşük olduğu anlamına gelmektedir (Irmak ve Aydılek, 2019). Bu ölçüt sistem-1 ve sistem-2 ölçümleri ile MGM' den alınan meteorolojik verilerin karşılaştırılması için kullanılmaktadır.

3.3.3.4. Normalleştirilmiş Ortalama Karesel Hata Analizi

Normalleştirilmiş ortalama karesel hata (NOKH), tahmin edilen ve ölçülen değerler arasındaki genel sapmanın bir kestirimidir. Denklem 3.4' deki gibi tanımlanır.

$$NOKH = \frac{1}{N} \sum_i \frac{(P_i - M_i)^2}{P_i M_i} \quad (3.4)$$

NOKH' de farklar çıkarılmak yerine mutlak değer olarak toplanmaktadır. Bu nedenle NOKH, modeller arasındaki en çarpıcı farklılıkları göstermektedir. Bir model çok düşük bir NOKH sahipse hem zamanda hem de uzayda iyi bir performans gösteriyor demektir. Diğer taraftan model yüksek NOKH değerine sahip olduğu zaman, bu modelin tamamıyla yanlış olduğu anlamı taşımamaktadır. Bu durum zaman veya mekân kaymasından kaynaklanıyor olabilir (Archer vd., 1996).

4. BULGULAR

Bu bölümde sistem-1 ve sistem-2' nin sensörler aracılığıyla ölçtüğü meteorolojik değişkenler ile iki sistemin ölçtüğü değerlerin aritmetik ortalamasının MGM' den ve UHKÖİ' den alınan verilerle karşılaştırılması, ölçülen değerler ile resmi olarak yayınlanan veriler arasındaki OKH ve NOKH değerlerinin hesaplanması ve pearson korelasyon testi ile çoklu doğrusal regresyon analizi değerlendirmeleri ayrıntılı olarak açıklanmıştır.

4.1. Ölçüm Tasarım Sistemleri ve MGM Verileri

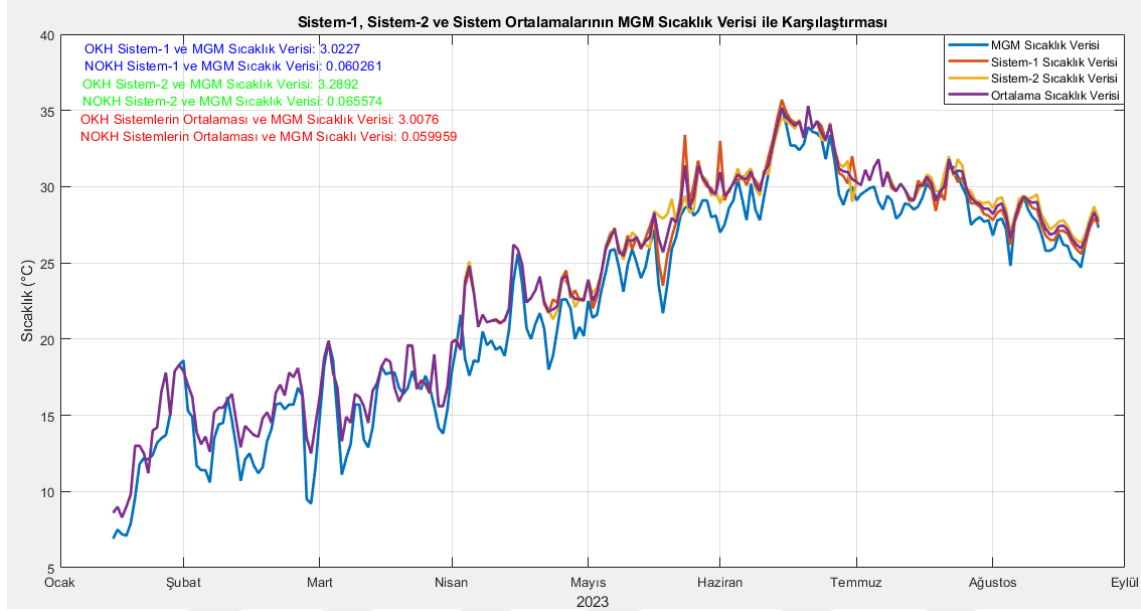
İki farklı lokasyonda bulunan sistem-1 ve sistem-2 cihazlarından belirli tarih aralıklarında, sıcaklık, nem, karbonmonoksit, basınç ve yağmur sensörlerinden elde edilen veriler, ek 1 ve ek 2' de, MGM' den temin edilen veriler ise ek 3' te sunulmuştur.

4.2. Ölçüm Verilerinin Karşılaştırılması

Sistem-1 cihazının 13.02.2023-25.09.2023, sistem-2 cihazının 17.04.2023-25.09.2023 tarihleri arasındaki veriler ile bu sistemlerin aritmetik ortalamasının, MGM' den ve UHKÖİ' den alınan değerler ile karşılaştırılması, ölçülen değerler arasındaki çizgi grafiğin oluşturulması ve matematiksel analizlerin hesaplanması için Matrix Laboratory (Matlab, 16.06.2023) yazılımı tercih edilmiştir. Elde edilen grafikler üzerinde OKH ve NOKH değerleri belirtilmiş olup, aşağıdaki başlıklarda ayrıntılı bir şekilde incelenmiştir. OKH resmi veriler ile ölçülen veriler arasında ne kadar sapma olduğunu göstermektedir. OKH, resmi veriler ile ölçülen değerlerin farklarının karelerinin ortalamalarını ifade etmektedir. NOKH ise ölçülen değerlerin, resmi verilerin varyansına oranını ölçmektedir. NOKH değeri sıfıra yaklaştıkça modelin iyi bir performans sergilediğini göstermektedir.

4.2.1. Sıcaklık Ölçümlerinin Karşılaştırılması

Sistem-1, sistem-2 ve bu sistemlere ait sıcaklık verisinin aritmetik ortalaması ile MGM' den alınan sıcaklık verisinin çizgi grafiği şekil 4.1' de belirtilmiştir.



Şekil 4.1. Sıcaklık ölçüm değerleri karşılaştırılması

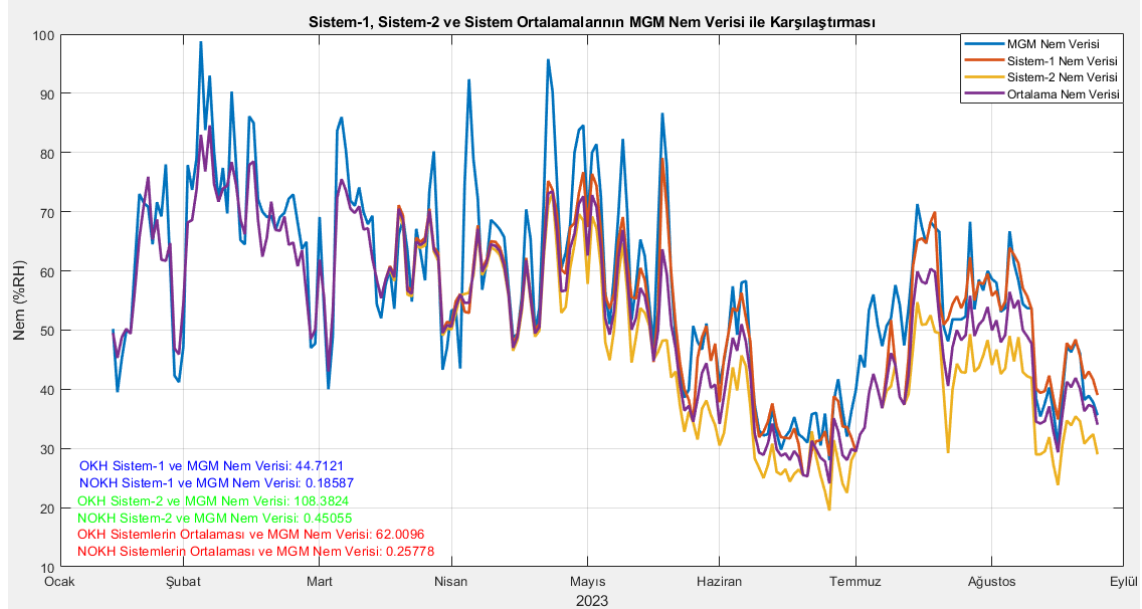
MGM resmi değerleri ile sistemlerin ölçtüğü değerlerin OKH ve NOKH sonuçları Çizelge 4.1' de belirtilmiştir. Bu sonuçlara göre NOKH değerini 0 ve 1 arasında olması modellerin performansının iyi düzeyde olduğunu göstermektedir. Sistem-1, sistem-2 ve sistem ortalamalarının, MGM sıcaklık verisi ile aralarındaki OKH değerlerinin, sıfırdan çok uzak olmaması modellerin ölçümlerde düşük sapmalar göstermekte olduğu ifade etmektedir.

Çizelge 4.1. Sıcaklık OKH ve NOKH değerleri karşılaştırması

	OKH	NOKH
Sistem-1 ve MGM sıcaklık verisi	3,0227	0,060261
Sistem-2 ve MGM sıcaklık verisi	3,2892	0,065574
Sistem ortalaması ve MGM sıcaklık verisi	3,0076	0,059959

4.2.2. Nem Ölçümlerinin Karşılaştırılması

Sistem-1, sistem-2 ve bu sistemlere ait nem verisinin aritmetik ortalaması ile MGM' den alınan nem verisinin çizgi grafiği şekil 4.2' de belirtilmiştir.



Şekil 4.2. Nem ölçüm değerleri karşılaştırılması

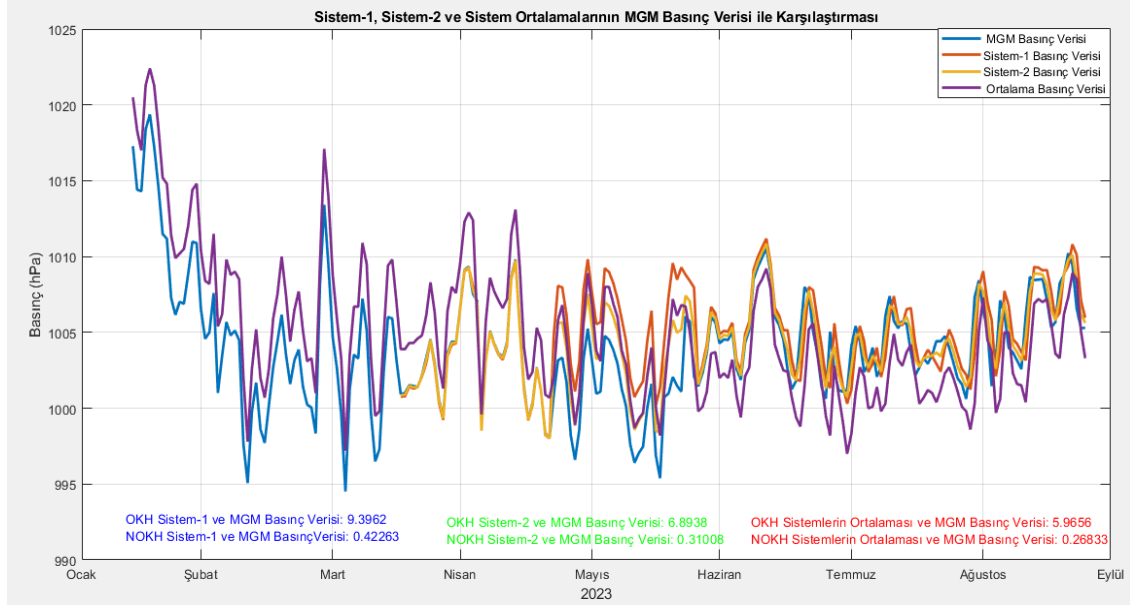
MGM resmi değerleri ile sistemlerin ölçtüğü değerlerin OKH ve NOKH sonuçları Çizelge 4.2' de belirtilmiştir. Bu sonuçlara göre NOKH değerinin 0 ve 1 arasında olması modellerin performansının iyi düzeyde olduğunu göstermektedir. Sistem-1, sistem-2 ve sistem ortalamalarının, MGM nem verisi ile aralarındaki OKH değerlerinin, sıfırdan uzak olması modellerin ölçümlerde yüksek sapmalar göstermekte olduğu ifade etmektedir.

Çizelge 4.2. Nem OKH ve NOKH değerleri karşılaştırması

	OKH	NOKH
Sistem-1 ve MGM nem verisi	44,7121	0,18587
Sistem-2 ve MGM nem verisi	108,3824	0,45055
Sistem ortalaması ve MGM nem verisi	62,0096	0,25778

4.2.3. Basınç Ölçümlerinin Karşılaştırılması

Sistem-1, sistem-2 ve bu sistemlere ait basınç verisinin aritmetik ortalaması ile MGM’ den alınan basınç verisinin çizgi grafiği şekil 4.3’ te belirtilmiştir.



Şekil 4.3. Basınç ölçüm değerleri karşılaştırılması

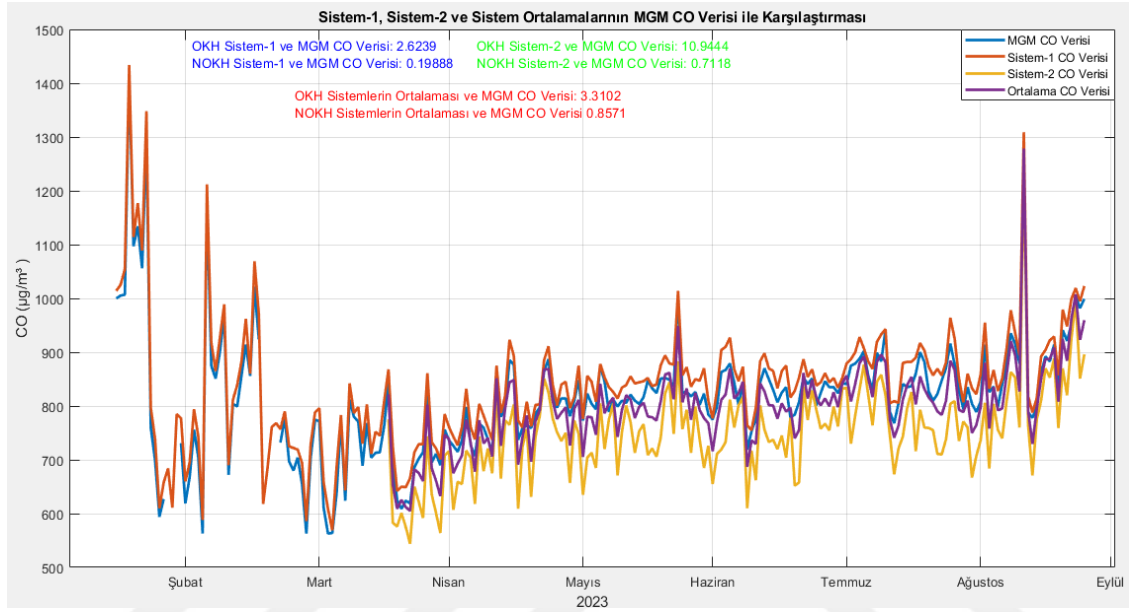
MGM resmi değerleri ile sistemlerin ölçtüğü değerlerin OKH ve NOKH sonuçları Çizelge 4.3’ te belirtilmiştir. Bu sonuçlara göre NOKH değerinin 0 ve 1 arasında olması modellerin performansının iyi düzeyde olduğunu göstermektedir. Sistem-1, sistem-2 ve sistem ortalamalarının, MGM basınç verisi ile aralarındaki OKH değerlerinin, tek haneli sayılar olması modelin ölçümlerde orta düzeyde sapmalar göstermekte olduğu ifade etmektedir.

Çizelge 4.3. Basınç OKH ve NOKH değerleri karşılaştırması

	OKH	NOKH
Sistem-1 ve MGM basınç verisi	9,3962	0,42263
Sistem-2 ve MGM basınç verisi	6,8938	0,31008
Sistem ortalaması ve MGM basınç verisi	5,9656	0,26833

4.2.4. Karbonmonoksit Ölçümlerinin Karşılaştırılması

Sistem-1, sistem-2 ve bu sistemlere ait karbonmonoksit verisinin aritmetik ortalaması ile MGM' den alınan karbonmonoksit verisinin çizgi grafiği şekil 4.4' te belirtilmiştir.



Şekil 4.4. Karbonmonoksit ölçüm değerleri karşılaştırılması

MGM resmi değerleri ile sistemlerin ölçtüğü değerlerin OKH ve NOKH sonuçları Çizelge 4.4' te belirtilmiştir. Bu sonuçlara göre NOKH değerinin 0 ve 1 arasında olması modellerin performansının iyi düzeyde olduğunu göstermektedir. Sistem-1, sistem-2 ve sistem ortalamalarının, MGM karbonmonoksit verisi ile aralarındaki OKH değerlerinin, tek haneli sayılar olması modelin ölçümlerde orta düzeyde sapmalar göstermekte olduğu ifade etmektedir.

Çizelge 4.4. Karbonmonoksit OKH ve NOKH değerleri karşılaştırması

	OKH	NOKH
Sistem-1 ve MGM karbonmonoksit verisi	2,6239	0,19888
Sistem-2 ve MGM karbonmonoksit verisi	10.9444	0,7118
Sistem ortalaması ve MGM karbonmonoksit verisi	3,3102	0,8571

4.2.5. Çoklu Doğrusal Regresyon Analizi

Çoklu doğrusal regresyon analizi, aynı anda iki veya daha fazla bağımsız değişken kullanarak bir bağımlı değişkenin değişimini açıklamaktadır. Bu çalışmada, sıcaklık, nem, basınç, karbonmonoksit ve yağmur verileri bağımsız ve H₂S ise bağımlı değişken olarak dahil edilmiştir. Çoklu doğrusal regresyon analizi için SPSS (Statistical Package for the Social Sciences, 04.12.2023) yazılımı tercih edilmiştir. Tüm değişkenlerin regresyon analizine dahil edildiği enter metodu kullanılmıştır. Çoklu doğrusal regresyon analizi için kullanılan tanımlayıcı istatistiklerden olan ortalama, standart sapma ve örneklem sayıları sırasıyla aşağıdaki Çizelge 4.5, 4.6, 4.7 ve 4.8’ de verilmiştir.

Çizelge 4.5. Sistem-1 tanımlayıcı istatistikler

Sistem-1 tanımlayıcı istatistikler			
	Ortalama	Standart Sapma	Örneklem sayısı
H ₂ S	4,5443	4,06364	194
Sistem1.Sıcaklık	23,84	6,749	194
Sistem1.Nem	55,34	13,481	194
Sistem1.Basınç	1004,1108	4,02619	194
Sistem1.CO	849,8763	116,19300	194
Sistem1.Yağmur	3985,14	335,161	194

Çizelge 4.6. Sistem-2 tanımlayıcı istatistikler

Sistem-2 tanımlayıcı istatistikler			
	Ortalama	Standart Sapma	Örneklem sayısı
H ₂ S	5,2267	4,28661	131
Sistem2.Sıcaklık	27,2534	5,04970	131
Sistem2.Nem	43,2664	13,28452	131
Sistem2.Basınç	1004,7898	2,99470	131
Sistem2.CO	743,8626	85,35327	131
Sistem2.Yağmur	3890,4962	498,63085	131

Çizelge 4.7. MGM tanımlayıcı istatistikler

MGM tanımlayıcı istatistikler			
	Ortalama	Standart Sapma	Örneklem sayısı
H ₂ S	4,5166	4,03189	187
MGM.Sıcaklık	22,9273	6,92362	187
MGM.Nem	497,0374	234,37128	187
MGM.Basınç	1004,8914	4,74965	187
MGM.CO	829,9412	113,30168	187
MGM.Yağmur	1,1963	3,68676	187

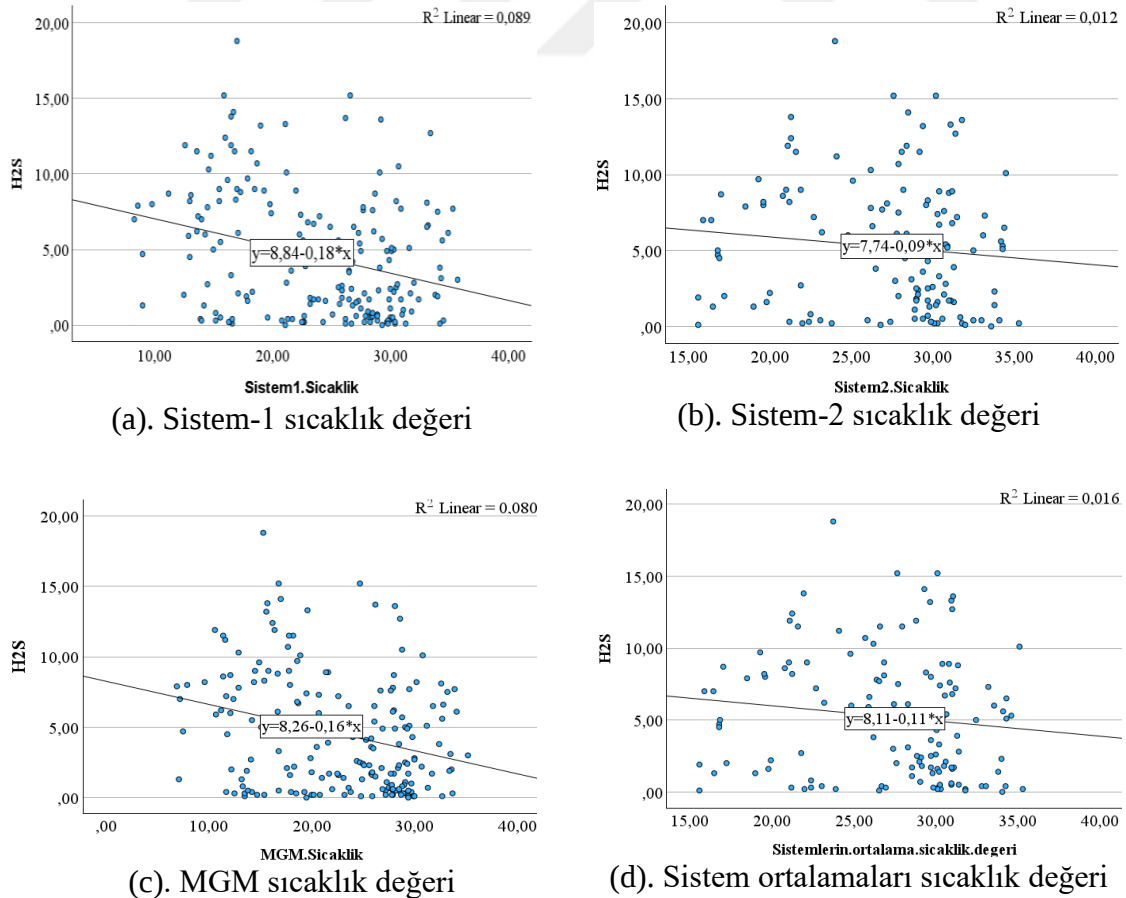
Çizelge 4.8. Sistem ortalamaları tanımlayıcı istatistikler

Sistem ortalamalarının tanımlayıcı istatistikler			
	Ortalama	Standart Sapma	Örneklem sayısı
H ₂ S	5,2267	4,28661	131
Ort.Sıcaklık	27,2107	5,06248	131
Ort.Nem	46,4775	12,58360	131
Ort.Basınç	1004,3760	2,78280	131
Ort.CO	788,0840	73,61316	131
Ort.Yağmur	3939,2939	396,23902	131

4.2.6. Değişkenler Arasında Doğrusallık Testi

Sistem-1, sistem-2, MGM ve sistem ortalamaları verileri normal dağılım gösterdiği için SPSS yazılımı aracılığıyla değişkenler arasında çoklu doğrusal regresyon analizi yapılabilmesi için doğrusallık ön şartının sağlanmış olduğu şekiller aşağıda verilmiştir.

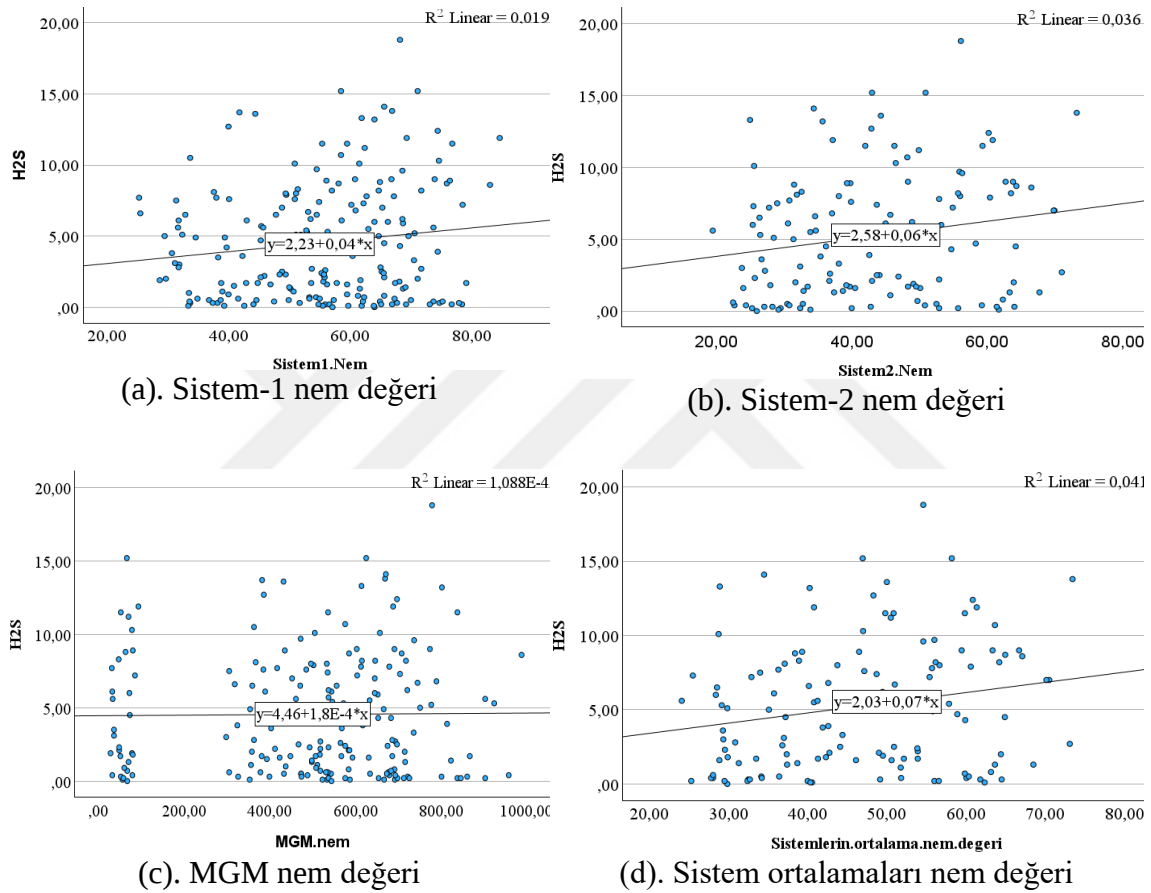
4.2.6.1. Sıcaklık Verilerinin Doğrusallık Testi



Şekil 4.5. Sıcaklık verileri ile H₂S verisi arasındaki doğrusallık testi

Şekil 4.5’ de sıcaklık verileri ile H₂S verisi arasındaki doğrusallık testi grafikleri üzerinde yer alan doğru çizgisi, sıcaklık verileri ile H₂S verisi arasında soldan sağa doğru alçalması sebebiyle bağımlı ve bağımsız değişken arasında negatif bir ilişki olduğunu işaret etmektedir.

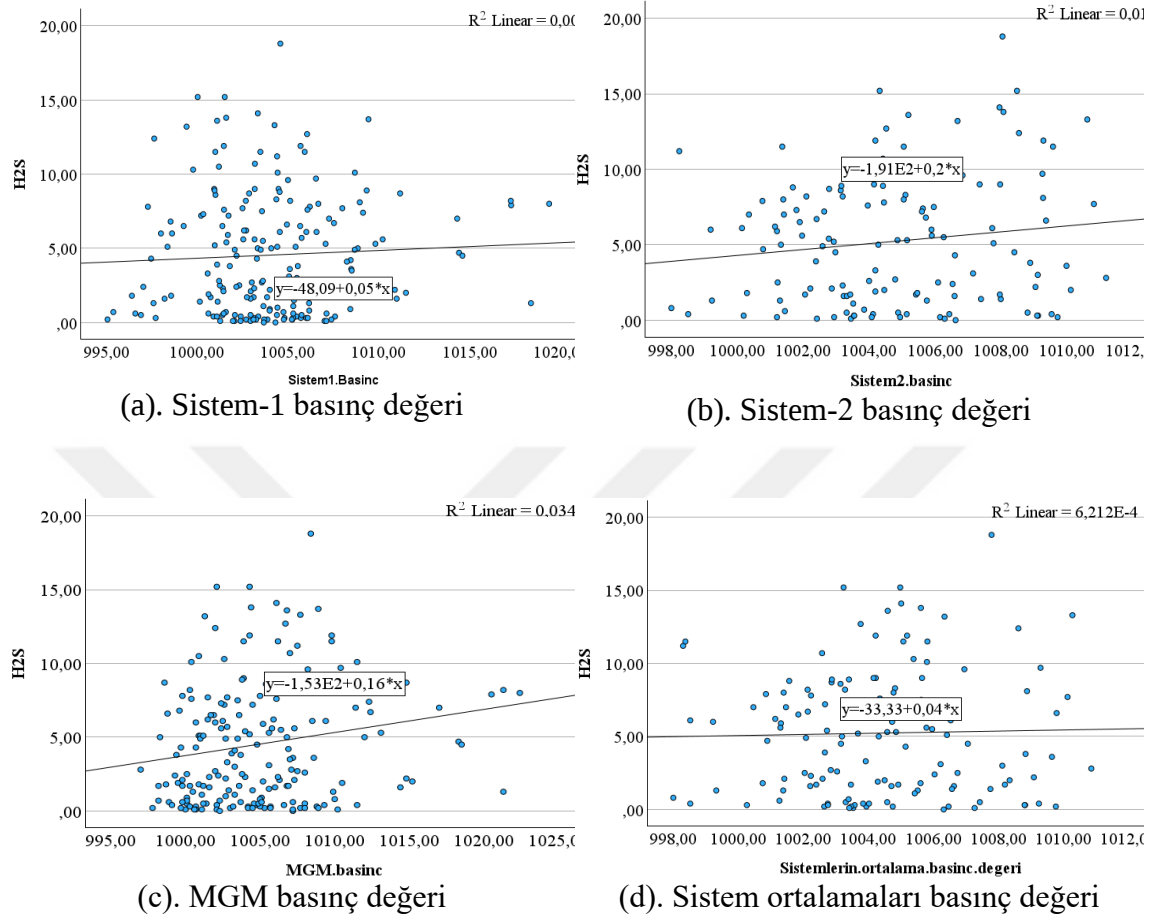
4.2.6.2. Nem Verilerinin Doğrusallık Testi



Şekil 4.6. Nem verileri ile H₂S verisi arasındaki doğrusallık testi

Şekil 4.6’ da nem verileri ile H₂S verisi arasındaki doğrusallık testi grafikleri üzerinde yer alan doğru çizgisi, nem verileri ile H₂S verisi arasında soldan sağa doğru yükselmesi sebebiyle bağımlı ve bağımsız değişken arasında pozitif bir ilişki olduğunu işaret etmektedir.

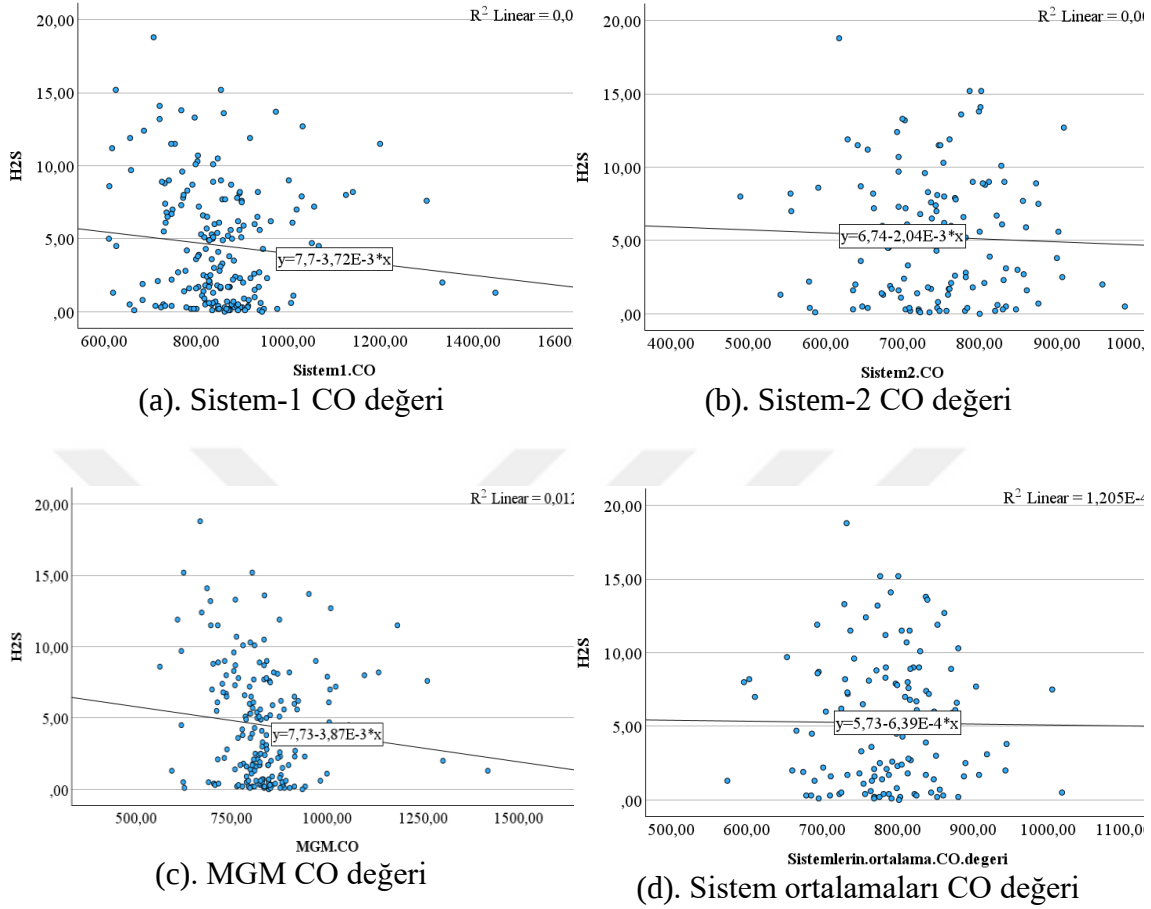
4.2.6.3. Basınç Verilerinin Doğrusallık Testi



Şekil 4.7. Basınç verileri ile H₂S verisi arasındaki doğrusallık testi

Şekil 4.7’ de basınç verileri ile H₂S verisi arasındaki doğrusallık testi grafikleri üzerinde yer alan doğru çizgisi, basınç verileri ile H₂S verisi arasında soldan sağa doğru yükselmesi sebebiyle bağımlı ve bağımsız değişken arasında pozitif bir ilişki olduğunu işaret etmektedir.

4.2.6.4. Karbonmonoksit Verilerinin Doğrusallık Testi



Şekil 4.8. Karbonmonoksit verileri ile H₂S verisi arasındaki doğrusallık testi

Şekil 4.8’ de karbon monoksit ile H₂S arasında doğrusallık testi grafikleri üzerinde yer alan doğru çizgisi, karbonmonoksit verileri ile H₂S verisi arasında soldan sağa doğru alçalması sebebiyle bağımlı ve bağımsız değişken arasında negatif bir ilişki olduğunu işaret etmektedir.

4.2.7. Değişkenler Arası Korelasyon

Sistem-1, sistem-2, MGM ve sistem ortalamaları verileri ile H₂S verisi arasında istatistiksel olarak bir ilişkinin olup olmadığı, ilişki olması durumunda bağımsız değişkenler ile bağımlı değişken arasındaki ilişkinin gücü ve yönünü ayrıca bağımsız değişkenlerin kendi arasında çoklu doğrusallık ön şartının sağlanıp sağlanmadığının kontrolün SPSS yazılımı ile gerçekleştirilmiş olup, yapılan test sonuçları sistem-1,

sistem-2, MGM ve sistem ortalamaları sırasıyla aşağıdaki Çizelge 4.9, 4.10, 4.11 ve 4.12’ de paylaşılmıştır. Çizelgelerde bağımsız değişkenlerin kendi arasındaki r katsayılarının, 0,8’ den küçük olması, bağımsız değişkenler arasında çoklu bağlantılılık probleminin olmadığını göstermektedir. Başka bir ifadeyle bağımsız değişkenler arasındaki ilişki 0,8’ den yüksek olması durumunda, bağımsız değişkenler birbirlerini çok etkileyecekleri için bağımlı değişken üzerinde etki net bir şekilde belirlenemeyeceğinden dolayı çoklu doğrusal regresyon analizi yanlış olabilecektir. Ayrıca bağımlı ve bağımsız değişkenler arasındaki p değerinin 0,05’ ten küçük olmasına göre değişkenler arasındaki ilişkinin anlamlılığı ortaya çıkmaktadır.

Çizelge 4.9 verilerine göre var olan 194 örneklem incelendiğinde, H₂S ile p değeri 0,05’ ten küçük olan sıcaklık ile arasında negatif yönde zayıf ve anlamlı ilişki olduğu, nem değeri ile de pozitif yönde zayıf ve anlamlı bir ilişki olduğu gözlenmektedir. H₂S ile p değeri 0,05’ ten büyük olan basınç, CO ve yağmur verileri arasında anlamlı bir ilişki bulunmamaktadır.

Çizelge 4.9. Sistem-1 ve H₂S verileri arasında korelasyon testi

Sistem-1 değişkenleri ile H ₂ S arasındaki korelasyon							
		H ₂ S	Sistem1.Sıcaklık	Sistem1.Nem	Sistem1.Basınç	Sistem1.CO	Sistem1.Yağmur
Pearson korelasyon	H ₂ S	1,000	-,299	,139	,052	-,106	-,087
	Sistem1.Sıcaklık	-,299	1,000	-,661	-,225	,086	,209
	Sistem1.Nem	,139	-,661	1,000	-,217	-,187	-,299
	Sistem1.Basınç	,052	-,225	-,217	1,000	,350	,190
	Sistem1.CO	-,106	,086	-,187	,350	1,000	,232
	Sistem1.Yağmur	-,087	,209	-,299	,190	,232	1,000
Anlamlılık düzeyi (tek yönlü)	H ₂ S	.	<,001	,027	,236	,070	,115
	Sistem1.Sıcaklık	,000	.	,000	,001	,116	,002
	Sistem1.Nem	,027	,000	.	,001	,004	,000
	Sistem1.Basınç	,236	,001	,001	.	,000	,004
	Sistem1.CO	,070	,116	,004	,000	.	,001
	Sistem1.Yağmur	,115	,002	,000	,004	,001	.
Örneklem sayısı	H ₂ S	194	194	194	194	194	194
	Sistem1.Sıcaklık	194	194	194	194	194	194
	Sistem1.Nem	194	194	194	194	194	194
	Sistem1.Basınç	194	194	194	194	194	194
	Sistem1.CO	194	194	194	194	194	194
	Sistem1.Yağmur	194	194	194	194	194	194

Çizelge 4.10 verilerine göre var olan 131 örneklem incelendiğinde, H₂S ile p değeri 0,05’ ten küçük olan nem değeri ile arasında pozitif yönde zayıf ve anlamlı bir ilişki olduğu gözlenmektedir. H₂S ile p değeri 0,05’ ten büyük olan sıcaklık, basınç, CO ve yağmur verileri arasında anlamlı bir ilişki bulunmamaktadır.

Çizelge 4.10. Sistem-2 ve H₂S verileri arasında korelasyon testi

Sistem-2 değişkenleri ile H ₂ S arasındaki korelasyon							
		H ₂ S	Sistem2.Sıcaklık	Sistem2.Nem	Sistem2.Basınç	Sistem2.CO	Sistem2.Yağmur
Pearson korelasyon	H ₂ S	1,000	-,109	,190	,137	-,041	-,020
	Sistem2.Sıcaklık	-,109	1,000	-,790	,171	,465	,249
	Sistem2.Nem	,190	-,790	1,000	-,302	-,382	-,141
	Sistem2.Basınç	,137	,171	-,302	1,000	,217	-,074
	Sistem2.CO	-,041	,465	-,382	,217	1,000	,157
	Sistem2.Yağmur	-,020	,249	-,141	-,074	,157	1,000
Anlamlılık düzeyi (tek yönlü)	H ₂ S	.	,109	,015	,060	,323	,412
	Sistem2.Sıcaklık	,109	.	,000	,025	,000	,002
	Sistem2.Nem	,015	,000	.	,000	,000	,054
	Sistem2.Basınç	,060	,025	,000	.	,006	,201
	Sistem2.CO	,323	,000	,000	,006	.	,037
	Sistem2.Yağmur	,412	,002	,054	,201	,037	.
Örneklem sayısı	H ₂ S	131	131	131	131	131	131
	Sistem2.Sıcaklık	131	131	131	131	131	131
	Sistem2.Nem	131	131	131	131	131	131
	Sistem2.Basınç	131	131	131	131	131	131
	Sistem2.CO	131	131	131	131	131	131
	Sistem2.Yağmur	131	131	131	131	131	131

Çizelge 4.11 verilerine göre var olan 187 örneklem incelendiğinde, H₂S ile p değeri 0,05’ ten küçük olan sıcaklık değeri ile arasında negatif yönde zayıf ve anlamlı bir ilişki, basınç değeri ile de pozitif yönde zayıf ve anlamlı bir ilişki olduğu gözlenmektedir. H₂S ile p değeri 0,05’ ten büyük olan nem, CO ve yağmur verileri arasında anlamlı bir ilişki bulunmamaktadır.

Çizelge 4.11. MGM ve H₂S verileri arasında korelasyon analizi

MGM değişkenleri ile H ₂ S arasındaki korelasyon							
		H ₂ S	MGM.Sıcaklık	MGM.Nem	MGM.Basınç	MGM.CO	MGM.Yağmur
Pearson korelasyon	H ₂ S	1,000	-,288	,016	,208	-,109	,032
	MGM.Sıcaklık	-,288	1,000	-,314	-,604	,027	-,251
	MGM.Nem	,016	-,314	1,000	,054	-,110	,274
	MGM.Basınç	,208	-,604	,054	1,000	,218	-,065
	MGM.CO	-,109	,027	-,110	,218	1,000	,054
	MGM.Yağmur	,032	-,251	,274	-,065	,054	1,000
Anlamlılık düzeyi (tek yönlü)	H ₂ S	.	<,001	,412	,002	,069	,331
	MGM.Sıcaklık	,000	.	,000	,000	,359	,000
	MGM.Nem	,412	,000	.	,233	,068	,000
	MGM.Basınç	,002	,000	,233	.	,001	,189
	MGM.CO	,069	,359	,068	,001	.	,230
	MGM.Yağmur	,331	,000	,000	,189	,230	.
Örneklem sayısı	H ₂ S	187	187	187	187	187	187
	MGM.Sıcaklık	187	187	187	187	187	187
	MGM.Nem	187	187	187	187	187	187
	MGM.Basınç	187	187	187	187	187	187
	MGM.CO	187	187	187	187	187	187
	MGM.Yağmur	187	187	187	187	187	187

Çizelge 4.12 verilerine göre var olan 131 örneklem incelendiğinde, H₂S ile p değeri 0,05’ ten küçük olan nem değeri ile arasında pozitif yönde zayıf ve anlamlı bir ilişki olduğu gözlenmektedir. H₂S ile p değeri 0,05’ ten sıcaklık, basınç, CO ve yağmur verileri arasında anlamlı bir ilişki bulunmamaktadır.

Çizelge 4.12. Sistem ortalamaları ve H₂S verileri arasında korelasyon analizi

Sistem ortalamaları ile H ₂ S arasındaki korelasyon							
		H ₂ S	Ort.Sıcaklık	Ort.Nem	Ort.Basınç	Ort.CO	Ort.Yağmur
Pearson korelasyon	H ₂ S	1,000	-,125	,202	,025	-,011	-,062
	Ort.Sıcaklık	-,125	1,000	-,769	,167	,513	,351
	Ort.Nem	,202	-,769	1,000	-,317	-,362	-,285
	Ort.Basınç	,025	,167	-,317	1,000	,228	,025
	Ort.CO	-,011	,513	-,362	,228	1,000	,275
	Ort.Yağmur	-,062	,351	-,285	,025	,275	1,000
Anlamlılık düzeyi (tek yönlü)	H ₂ S	.	,078	,010	,389	,450	,242
	Ort.Sıcaklık	,078	.	,000	,029	,000	,000
	Ort.Nem	,010	,000	.	,000	,000	,000

Çizelge 4.12. Ortalamalar ve H₂S verileri arasında korelasyon analizi(devam)

Anlamlılık düzeyi (tek yönlü)	Ort.Basınç	,389	,029	,000	.	,004	,390
	Ort.CO	,450	,000	,000	,004	.	,001
	Ort.Yağmur	,242	,000	,000	,390	,001	.
Örneklem sayısı	H ₂ S	131	131	131	131	131	131
	Ort.Sıcaklık	131	131	131	131	131	131
	Ort.Nem	131	131	131	131	131	131
	Ort.Basınç	131	131	131	131	131	131
	Ort.CO	131	131	131	131	131	131
	Ort.Yağmur	131	131	131	131	131	131

4.2.8. Hata İstatistikleri

Uç değerler, regresyon analizi üzerinde önemli bir etkiye sahiptir ve regresyon katsayılarının tahmininin kesinliğini etkileyebilmektedir. Uç değerler, regresyon katsayılarının standart hatalarını artırarak regresyon denklemindeki genel standart hatayı artırmaktadır. Regresyon analizi tahmininin doğruluğunu optimize etmek ve hatayı minimize etmek amacıyla, uç değerlerin analiz dışında tutulması veya veri setinden çıkarılması önerilmektedir (Tabachnick ve Fidell, 2007; Coakes, 2005). Sistem-1, sistem-2, MGM ve sistem ortalamaları ile H₂S arasındaki hata istatistikleri çizelgesinde uç değerlerin olup olmadığı, standardize hatanın minimum ve maksimum değerleri ile belirlenebilmektedir. Standardize hatanın minimum ve maksimum değerlerinin -3,29 ile +3,29 arasında olması ve çizelgelerde belirtilen Cook uzaklığının maksimum değerinin 1' den küçük olması uç değerlerin olmadığı anlamına gelmektedir.

Çoklu doğrusal regresyon analizinin yapılabilmesi içinde gözlem değerleri içinde uç değerler olmamalı koşulunu yerine getiren hata istatistikleri analizi aşağıdaki Çizelge 4.13, 4.14, 4.15 ve 4.16' de paylaşılmıştır. Bu çizelgelerde hem standardize hatanın hem de Cook uzaklığı değerlerinin belirtilen sınırlar içinde olduğu saptanmıştır.

Çizelge 4.13. Sistem-1 ve H₂S arasındaki hata istatistikleri analizi

Sistem-1 Hata İstatistikleri ^a					
	Minimum	Maksimum	Ortalama	Standart Sapma	Örneklem Sayısı
Tahmini Değer	2,2127	7,6717	4,5443	1,32588	194
Standart Tahmini Değer	-1,759	2,359	,000	1,000	194
Tahmini Değerin Standart Sapması	,318	2,240	,639	,246	194
Düzeltilmiş Tahmini Değer	2,0500	7,8389	4,5366	1,33553	194
Hata	-6,58286	12,85936	,00000	3,84125	194
Standardize Hata	-1,691	3,204	,000	,987	194
Studentized Hata	-1,726	3,341	,001	1,005	194
Silinmiş Hata	-6,85265	13,15024	,00778	3,99158	194
Studentized Silinmiş Hata	-1,735	3,436	,003	1,012	194
Mahalanobis Uzaklığı	,297	62,932	4,974	6,280	194
Cook Uzaklığı	,000	,191	,007	,019	194
Merkezlenmiş Kaldıraç Değeri	,002	,326	,026	,033	194
a. Bağımlı Değişken: H ₂ S					

Çizelge 4.14. Sistem-2 ve H₂S arasındaki hata istatistikleri analizi

Sistem-2 Hata İstatistikleri ^a					
	Minimum	Maksimum	Ortalama	Standart Sapma	Örneklem Sayısı
Tahmini Değer	1,9591	9,2362	5,2267	1,28032	131
Standart Tahmini Değer	-2,552	3,132	,000	1,000	131
Tahmini Değerin Standart Sapması	,421	1,945	,853	,266	131
Düzeltilmiş Tahmini Değer	1,9700	8,7321	5,2442	1,30480	131
Hata	-7,42250	11,23302	,00000	4,09095	131
Standardize Hata	-1,779	2,693	,000	,981	131
Studentized Hata	-1,831	2,782	-,002	1,004	131
Silinmiş Hata	-7,85833	11,98821	-,01746	4,28689	131
Studentized Silinmiş Hata	-1,848	2,860	,000	1,009	131
Mahalanobis Uzaklığı	,330	27,251	4,962	4,027	131
Cook Uzaklığı	,000	,087	,008	,012	131
Merkezlenmiş Kaldıraç Değeri	,003	,210	,038	,031	131
a. Bağımlı Değişken: H ₂ S					

Çizelge 4.15. MGM ve H₂S arasındaki hata istatistikleri analizi

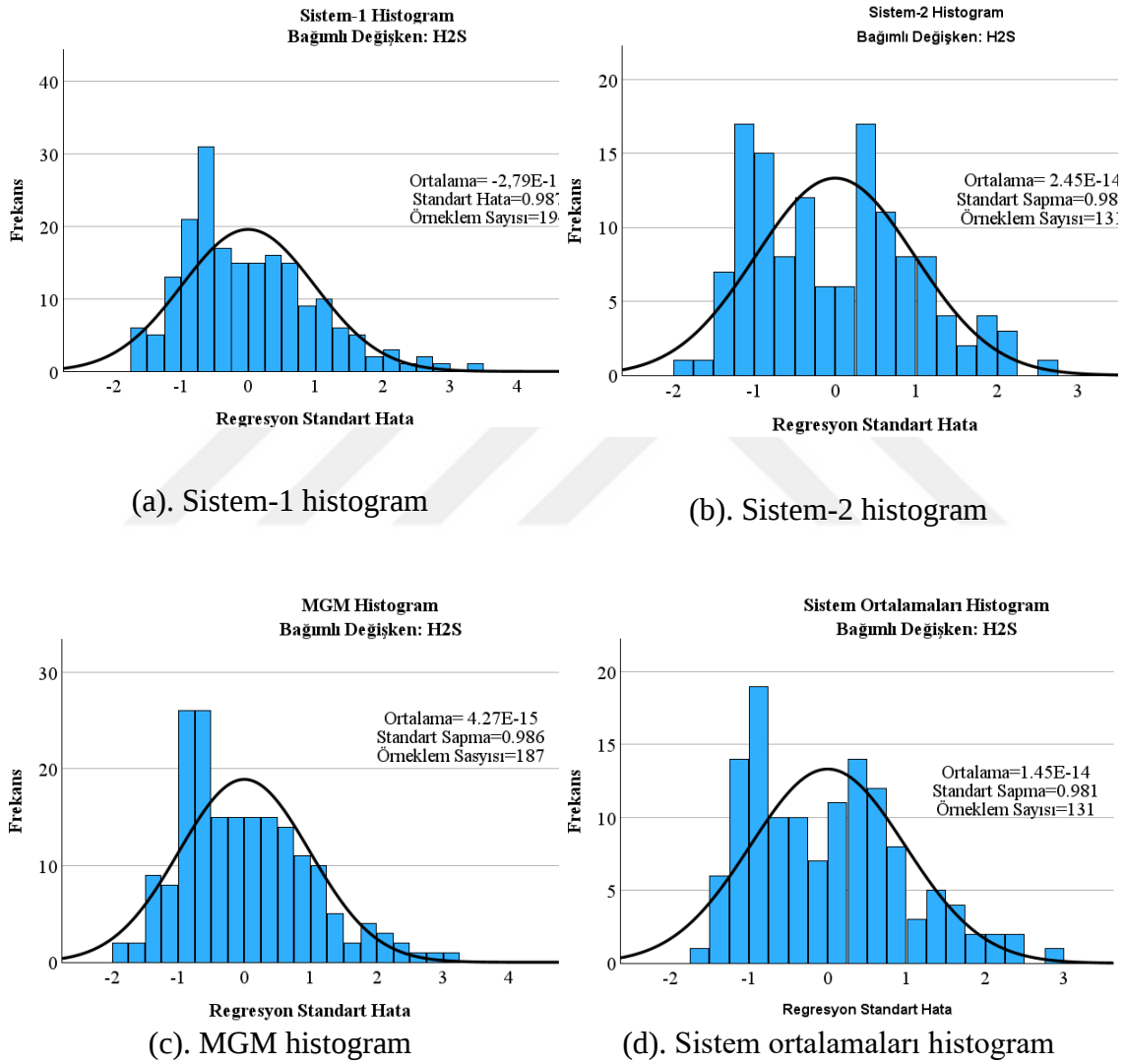
MGM Hata İstatistikleri ^a					
	Minimum	Maksimum	Ortalama	Standart Sapma	Örneklem Sayısı
Tahmini Değer	1,6423	7,8697	4,5166	1,30582	187
Standart Tahmini Değer	-2,201	2,568	,000	1,000	187
Tahmini Değerin Standart Sapması	,315	1,703	,640	,265	187
Düzeltilmiş Tahmini Değer	,9110	8,3605	4,5103	1,32831	187
Hata	-7,46971	12,54715	,00000	3,81457	187
Standardize Hata	-1,932	3,245	,000	,986	187
Studentized Hata	-1,994	3,294	,001	1,005	187
Silinmiş Hata	-7,96055	12,92782	,00632	3,96287	187
Studentized Silinmiş Hata	-2,011	3,388	,003	1,012	187
Mahalanobis Uzaklığı	,242	35,091	4,973	5,832	187
Cook Uzaklığı	,000	,147	,007	,017	187
Merkezlenmiş Kaldıraç Değeri	,001	,189	,027	,031	187
a. Bağımlı Değişken: H ₂ S					

Çizelge 4.16. Sistem ortalamaları ve H₂S arasındaki hata istatistikleri analizi

Sistem Ortalamaları Hata İstatistikleri ^a					
	Minimum	Maksimum	Ortalama	Standart Sapma	Örneklem Sayısı
Tahmini Değer	2,7939	8,0109	5,2267	,99944	131
Standart Tahmini Değer	-2,434	2,786	,000	1,000	131
Tahmini Değerin Standart Sapması	,438	2,459	,863	,290	131
Düzeltilmiş Tahmini Değer	2,6056	8,7647	5,2506	1,06994	131
Hata	-6,42274	12,44741	,00000	4,16847	131
Standardize Hata	-1,511	2,928	,000	,981	131
Studentized Hata	-1,559	3,008	-,003	1,004	131
Silinmiş Hata	-7,46465	13,13326	-,02386	4,37775	131
Studentized Silinmiş Hata	-1,568	3,110	,000	1,011	131
Mahalanobis Uzaklığı	,390	42,497	4,962	4,812	131
Cook Uzaklığı	,000	,172	,009	,018	131
Merkezlenmiş Kaldıraç Değeri	,003	,327	,038	,037	131
a. Bağımlı Değişken: H ₂ S					

4.2.9. Farkların Normallliği Testi

Normallik varsayımı, regresyon analizi tahmin hatalarının, tahmin edilen her bağımlı değişken skoru etrafında normal bir dağılım göstermesi durumunu ifade eder (Tabachnick ve Fidell, 2007). Eğer farklar normal dağılmışsa, histogram dağılımı çan eğrisi şeklinde olmalıdır (Tranmer vd., 2020).



Şekil 4.9. Farkların normalliği histogram grafikleri

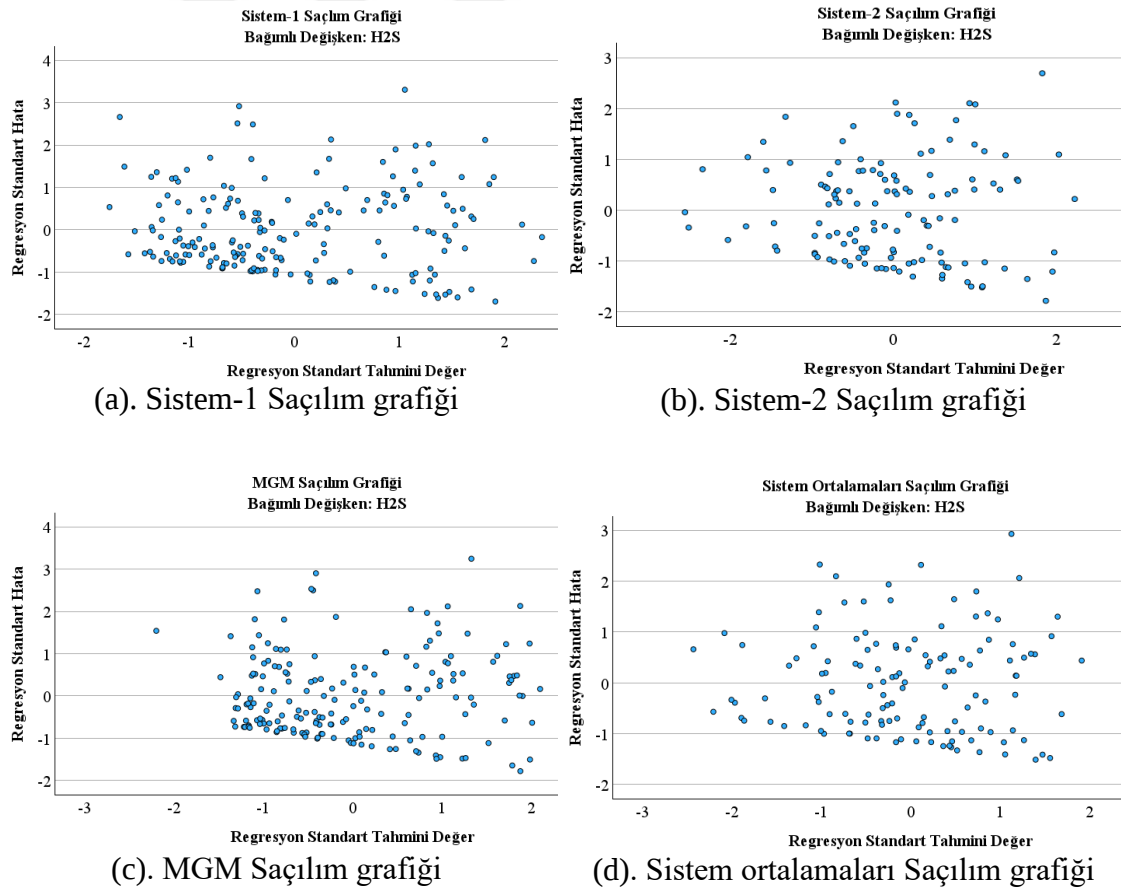
Şekil 4.9’ daki testlerde farkların normalliği histogram grafikleri görülmektedir. Bu grafikler normal dağılıma çok yakın bir dağılım olduğunu, bütün sütunların hemen hemen birbirine yakın bir şekilde durduğunu ve çan eğrisi dışında eğri özelliğini bozacak bir sütun olmadığından tahminlere ait hataların normal dağıldığını söyleyebiliriz.

4.2.10. Eş Varyanslılık Analizi

Regresyon analizi sonuçlarına göre, tahmin edilen değerlerle gözlenen değerler arasındaki farkların (tahmin hataları) varyansı tüm tahmin edilen değerlerde homojen veya eşit olmalıdır (Mangiafico, 2016; Field, 2009; Tabachnick ve Fidell, 2007; Coakes, 2005; Landau ve Everitt 2003).

Eş varyanslılık, farkların veya artıkların dağılımını ifade eder. Bu varsayım geçerliyse, tahmin hatalarının sabit bir varyansı vardır, yani her gözlem için hata, model içindeki herhangi bir değişkene bağlı değildir. Başka bir ifadeyle, eş varyanslılık varsayımı, hata terimlerinin standart sapmasının sabit olduğunu ve bağımsız değişken değerlerine bağlı olmadığını ifade eder (Tranmer vd., 2020). Eş varyanslılık varsayımı farkların saçılım grafiği ile sınanmaktadır (Çatar, 2020).

Bu grafiklerde noktaların eğrilik oluşturacak şekilde belirginleşmesi, regresyon analizinde farkların doğrusallık varsayımının ihlaline işaret edebilir (Field, 2009). Şekil 4.10’ da yer alan noktalar grafik üzerine rastgele ve eşit olarak dağılmaktadır. Bu dağılım ise eş varyanslılık varsayımlarının karşılandığını gösterir.



Şekil 4.10. Eş varyanslılık analizi grafikleri

4.2.11. Varyans Analizi

Aşağıda yer alan varyans analizi çizelgeleri, modelimizin istatistiksel olarak anlamlı olup olmadığını hakkındaki bilgiyi testin p değeri üzerinden vermektedir. Her birim için yapılan varyans analizi testinde p değeri 0,05’ ten küçük olan Çizelge 4.17’ de sistem-1, Çizelge 4.18’ de sistem-2 ve Çizelge 4.19’ de MGM bağımsız değişkenlerinden en az birisi bağımlı değişken üzerinde anlamlı bir etkiye bulunmaktadır.

Çizelge 4.17. Sistem-1 varyans analizi

Sistem-1 varyans analizi ^a						
Model		Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Ortalama Kare	Test değeri	Testin p değeri
1	Regresyon	339,288	5	67,858	4,480	<,001 ^b
	Hata	2847,751	188	15,148		
	Toplam	3187,039	193			
a. Bağımlı Değişken: H ₂ S						
b. Bağımsız değişkenler: (Sabit), Sistem1.Yagmur, Sistem1.Basınç, Sistem1.Sıcaklık, Sistem1.CO, Sistem1.Nem						

Çizelge 4.18. Sistem-2 varyans analizi

Sistem-2 varyans analizi ^a						
Model		Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Ortalama Kare	Test değeri	Testin p değeri
1	Regresyon	213,098	5	42,620	2,449	,037 ^b
	Hata	2175,658	125	17,405		
	Toplam	2388,756	130			
a. Bağımlı Değişken: H ₂ S						
b. Bağımsız değişkenler: (Sabit), Sistem2.Yağmur, Sistem2.Basınç, Sistem2.CO, Sistem2.Nem, Sistem2.Sıcaklık						

Çizelge 4.19. MGM varyans analizi

MGM varyans analizi ^a						
Model		Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Ortalama Kare	Test değeri	Testin p değeri
1	Regresyon	317,159	5	63,432	4,242	,001 ^b
	Hata	2706,480	181	14,953		
	Toplam	3023,639	186			
a. Bağımlı Değişken: H ₂ S						
b. Bağımsız değişkenler: (Sabit), MGM.Yağmur, MGM.CO, MGM.Basınç, MGM.Nem, MGM.Sıcaklık						

Çizelge 4.20. Sistem ortalamaları varyans analizi

Sistem Ortalamaları varyans analizi ^a						
Model		Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Ortalama Kare	Test değeri	Testin p değeri
1	Regresyon	129,855	5	25,971	1,437	,215 ^b
	Hata	2258,902	125	18,071		
	Toplam	2388,756	130			
a. Bağımlı Değişken: H ₂ S						
b. Bağımsız değişkenler: (Sabit), Ort.Yağmur, Ort.Basınç, Ort.CO, Ort.Nem, Ort.Sıcaklık						

Çizelge 4.20’ de ise varyans analizi testi p değeri 0,215 olduğu için sistem ortalamaları bağımsız değişkenleri ile bağımlı değişkeni üzerine anlamlı bir etki bulunmamaktadır.

5. TARTIŞMA

Bu çalışma Aydın'ın Efeler ilçesindeki hava kalitesi üzerine odaklanılmış olup, yapılan sistem tasarımı ile sıcaklık, nem, basınç, karbonmonoksit ve yağmur gibi meteorolojik değişkenlerin belirli tarihler arasında sensörler aracılığıyla ölçen ve ölçtüğü değerleri wi-fi teknolojisi kullanılarak bulut sistemine kaydedilmesi hedeflenmiştir. Bulut ortamına kaydedilen meteorolojik değişkenlerin, çoğunluğu jeotermal tesislerden çıktığı varsayılan ve canlı yaşamı için tehlike arz eden H_2S gazının çevreye yayılmasında etkisinin olabileceği incelenmiştir.

Bu inceleme için yapılan sistem tasarımında BMP180 basınç sensörü, DHT22 sıcaklık ve nem sensörü, MQ135 hava kalitesi sensörü, yağmur sensörü ve ESP32 mikrodenetleyici kart kullanılmıştır. Yapılan iki tasarım farklı başlangıç tarihlerinde UHKÖİ' ye yakın iki konuma yerleştirilmiştir. Dört farklı sensörün ölçmüş olduğu meteorolojik değişkenler, her bir sensör günde kırk sekiz anlık değer ölçecek şekilde ayarlanmıştır.

Sistem-1 ve sistem-2' nin ölçmüş olduğu veriler ve bu iki sistemin aritmetik ortalaması ile MGM' den alınan veriler Matlab yazılımı kullanılarak karşılaştırmalı analizleri yapılarak grafik haline getirilmiştir. Yapılan analiz sonucu ortaya çıkan grafiklerde, sistem-1' in ölçmüş olduğu verilerin OKH değerinin düşük sapmalar gösterdiği ve NOKH değerinin ise sıfır ile bir arasında olmasından dolayı model performansının iyi olduğu, sistem-2' in ölçmüş olduğu verilerin OKH değerinin yüksek sapmalar gösterdiği ve NOKH değerinin ise sıfır ile bir arasında olmasından dolayı model performansının iyi olduğu, sistemlerin aritmetik ortalamasının ise OKH değerinin orta düzey sapmalar gösterdiği ve NOKH değerinin ise sıfır ile bir arasında olmasından dolayı model performansının iyi olduğu söylenebilmektedir.

Tez kapsamında sıcaklık, nem, basınç, karbonmonoksit ve yağmur bağımsız değişken, H_2S ise bağımlı değişken olarak kabul edilmiştir. Bağımlı ve bağımsız değişkenler arasındaki ilişkinin ispatı, gücü ve yönünü belirlemek için pearson korelasyon testi ve çoklu doğrusal regresyon analizi SPSS yazılımı aracılığıyla yapılmıştır. SPSS yazılımı ile sistem-1, sistem-2, sistemlerin aritmetik ortalaması ve MGM' den alınan veriler enter metodu ile karşılaştırılmıştır.

Bu analizler sonucunda her bir değişkenin normal dağılım özelliği gösterdiği, bağımlı ve bağımsız değişkenler arasında doğrusal bir ilişki olduğu, bağımsız değişkenlerin kendi arasında çoklu bağlantılılık problemini olmadığı ve farkların normal dağıldığı tespit edilmiştir. Sistem-1, sistem-2 ve MGM verilerinin varyans analizi çizelgeleri incelendiğinde ise p değerinin 0,05' ten küçük olmasından dolayı modelimizin anlamlı olduğu ortaya çıkarılmıştır.



6. SONUÇ

Bu çalışma kapsamında sensörler aracılığıyla toplanan verilerin, H₂S üzerindeki etkisinin doğru tahmin edilebilmesi için doğrusal regresyon yöntemi kullanılmıştır. Regresyon yönteminin uygulanabilmesi için ön koşulların hepsi yerine getirilmiştir. Fakat doğrusallık şartı sağlanmış olsa da oluşan doğrusal regresyon grafiklerinden anlamlı bir doğrusallık elde edilememiştir. Bu durum regresyon modellemelerinde veri setinin büyüklüğüne bağlı olarak yaşanan düşük tahmin performansından elde edilmesine bağlanmaktadır. Bu durum klasik regresyon yöntemlerinde karşılaşılabilecek bir sonuçtur. Bunu aşmak için ise yeni yaklaşımlardan olan makine öğrenmesi regresyon yöntemleri öne çıkmaktadır.

Sistemlerin farklı tarihlerde devreye alınması, sensör arızaları ve elde olmayan sebeplerden dolayı sistemlerin veri toplamasının duraksaması veri setinin nicel olarak daha az sayıda toplanmasına neden olmuştur. Küçük veri seti ile elde edilen analiz sonuçlarına göre H₂S ile sıcaklık arasında negatif korelasyon ve anlamlı bir ilişki, nem değişkeninin ise pozitif korelasyon ve anlamlı bir ilişkiye sahip olduğu tespit edilmiştir. Fakat H₂S verisi ile basınç, karbonmonoksit ve yağmur verileri arasında anlamlı bir ilişki ortaya çıkmamıştır.

Sonuç olarak, bu çalışma bilimsel literatüre yeni bir bakış açısı sunmanın yanı sıra, bölgesel çapta hava kalitesi yönetimi stratejilerine yönelik pratik öneriler geliştirmek adına önemli bir adım atılmıştır. Gelecekteki çalışmalar arasına bu tez kapsamında gerçekleştiremediğimiz insansız hava aracı ile farklı konum ve irtifada, daha geniş coğrafi bir alanda ve farklı iklim koşullarını içerecek şekilde genişletilmesi, daha iyi verilerin alınabileceği kaliteli sensörleri kullanılması, bu alandaki araştırmalara değerli katkılarda bulunacaktır.



KAYNAKLAR

- Adnan Menderes Üniversitesi (2015). *Jeotermal Enerjinin Çevresel Etkileri (Yayın no:1)*.
- Adnan Menderes Üniversitesi (2015). *Jeotermal Enerjinin Çevresel Etkileri (Yayın no:2)*.
- Aksu, M. (2020). *Katalitik Dönüştürücülerden Üretilen Demir Matının Çözümlemlendirilmesi Sırasında Oluşan Hidrojen Sülfür (H₂S) Gazı Bertarafının Araştırılması*. [Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi]. YÖK Ulusal Tez Merkezi. https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/TezGoster?key=Eb5EkakJlp3olBdo_wNEGdYbhJOi_TvNfNxV4nn-JY04G2VXHThiSyM27KXBSkns
- Altıkat, A., Torun, F. E. ve Bayram, T. T. (2011). Küresel kirlilik: Dünya, Avrupa Birliği ve Türkiye’de hava kirliliği örneği. *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Fen Bilimleri Dergisi*, 27(2), 134-149.
- Archer G., Girardi F., Graziani G., Klug W., Mosca S. ve Nodop K., (1996). *The European Long Range Tracer Experiment (ETEX). Preliminary Evaluation of Model Intercomparison Exercise in Air Pollution Modeling and its Application XI*, eds. S.E.Gryning and F.A.Schiermeier, Vol. 21, 181-190. Plenum Press, New York.
- Arı, A. ve Önder, H. (2013). Regression models used for different data structures. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 28(3), 168-174.
- Aydın Valiliği (2023, Kasım 3), Aydın Hakkında Bilgiler. <http://www.aydin.gov.tr/sehrimiz/>
- Barkunan, S. R., Bhanumathi, V. ve Sethuram, J. (2019). Smart sensor for automatic drip irrigation system for paddy cultivation. *Computers & Electrical Engineering*, 73, 180-193.
- Baste, P. ve Dighe, D. (2017). Low cost weather monitoring station using Raspberry Pi. *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*, 4(5), 3184-3189.
- Büyüköztürk, Şener. (2010) *Sosyal Bilimler İçin Veri Analizi El Kitabı*, 11. Baskı, Pegem Akademi, Ankara

- Chou, C. H. ve World Health Organization. (2003). *Hydrogen sulfide: human health aspects*. World Health Organization.
- Chou, C. H., Ogden, J. M., Pohl, H. R., Scinicariello, F., Ingerman, L., Barber, L. ve Citra, M. J. (2016). Toxicological profile for hydrogen sulfide and carbonyl sulfide.
- Coakes, Sheridan J. (2005) *SPSS Analysis Without Anguish: Version 12.0 for Windows*, (First Published), Wiley, New Jersey
- Cohen, Jacob. (1988) *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences*, (Second Edition), LEA Publishers, New Jersey
- Cohen, Jacob. (1992) “A power primer”, *Psychological Bulletin*, 1992, Vol. 112. No. 1, pages: 155-159
- Coşkun, A. “Şehir Atmosferinde Taşıt Emisyonundan Kaynaklanan Hava Kirliliğinin Belirlenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi, *Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı*, İstanbul, (2008).
- Çakın, E., Özdemir, A. (2019). Veri Zarflama Analizi Temelli Yapay Sinir Ağları ve Lojistik Regresyon Analizi ile Teknoloji Geliştirme Bölgelerinin Etkinliklerinin Tahminlenmesi. *Hacettepe Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 37(2), 271-293.
- Çatar, R. Ö. (Editör), (2020). *SPSS ile Nicel Veri Analizi Rehberi*. İstanbul, Kibele.
- Dağ S. İncirde Verim ve Kalite Üzerine Jeotermal Enerji Tesislerinin Olası Etkilerinin Belirlenmesi, Aydın 2015
- Devaraju, J. T., Suhas, K. R., Mohana, H. K. ve Patil, V. A. (2015). Wireless portable microcontroller based weather monitoring station. *Measurement*, 76, 189-200.
- Direnc.net (2023, Kasım 4). ESP32-WROOM-32D Wifi Bluetooth Geliştirme Modülü. <https://www.direnc.net/esp32-wroom-32d-wifi-bluetooth-gelistirme-modulu>
- Direnc.net (2024, Şubat 2). LM2596 Göstergeli DC DC Voltaj Düşürücü Power Modül .<https://www.direnc.net/lm2596-dc-dc-voltaj-dusurucu-power-modul>
- Driver, L. ve Freedman, E. (1993). *Report to congress on hydrogen sulfide air emissions associated with the extraction of oil and natural gas. Final report* (No. PB-94-131224/XAB; EPA-453/R-93/045). Environmental Protection Agency, Research Triangle Park, NC (United States). Office of Air Quality Planning and Standards.

- Egghe, L. ve Leydesdorff, L. (2009). The relation between Pearson's correlation coefficient r and Salton's cosine measure. *Journal of the American Society for information Science and Technology*, 60(5), 1027-1036.
- Emre, İ. E. ve Erol, Ç. S. (2017). Veri Analizinde İstatistik mi Veri Madenciliği mi? *Bilişim Teknolojileri Dergisi*, 10(2), 161-167.
- Enerji Atlası. (2024, Şubat 2), Aydın Elektrik Santralleri, <https://www.enerjiatlası.com/sehir/aydin>
- Environmental Protection Agency. (2023, Kasım 11). Criteria Air Pollutants. EPA. <https://www.epa.gov/criteria-air-pollutants>
- Tırıs, M., Kalafatoğlu, E. ve Okutan, H. (1993). Hava Kirliliği Kaynakları ve Kontrolü.
- Espressif Systems (2023, Kasım 3), ESP8266 Datasheet Espressif Systems, https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp8266-technical_reference_en.pdf
- Field, A. (2009). Discovering statistics using SPSS (Third edit). *London and New York: Sage*.
- Green, S. B. ve Salkind, N. J. (2014). *Using SPSS for Windows and Macintosh: Analyzing and Understanding Data*. Pearson.
- Guidotti, T. L. (2010). Hydrogen sulfide: advances in understanding human toxicity. *International journal of toxicology*, 29(6), 569-581.
- Guo, H., Lee, S. C., Chan, L. Y. ve Li, W. M. (2004). Risk assessment of exposure to volatile organic compounds in different indoor environments. *Environmental Research*, 94(1), 57-66.
- Hussein, Z. K., Hadi, H. J., Abdul-Mutaleb, M. R. ve Mezaal, Y. S. (2020). Low cost smart weather station using Arduino and ZigBee. *Telkomnika (Telecommunication Computing Electronics and Control)*, 18(1), 282-288.
- Irmak, M. E. ve Aydılek, İ. B. (2019). Hava kalite indeksinin tahmin başarısının artırılması için topluluk regresyon algoritmalarının kullanılması. *Academic Platform-Journal of Engineering and Science*, 7(3), 507-514.

- Jindal, S. K. (2007). Air quality guidelines: Global update 2005, Particulate matter, ozone, nitrogen, dioxide and sulfur dioxide. *Indian Journal of Medical Research*, 126(5), 492-493.
- Johannes, A. H. ve Moshfeghian, M. (2017). and Tyler W. Johannes. *Handbook of Industrial Chemistry and Biotechnology*, 185.
- Karakuş, C. B. ve Yıldız, S. (2019) Hava Kalite İndeksi İle Meteorolojik Parametreler Arasındaki İlişkinin Çoklu Regresyon Yöntemi İle Belirlenmesi. *Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*.
- Kayam, Y., 2014. *İklim Değişikliğine Bağlı Olarak Toprak Nemindeki Değişimin Aydın' da Örnek Bir Alanda Pamuk Bitkisinde Swap Modeli İle Simülasyonu*. [Yüksek lisans Tezi, Aydın Adnan Menderes Üniversitesi] YÖK Ulusal Tez Merkezi. https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/TezGoster?key=1zw6GvYMe-q3Hf6HR-3US_CwzWV_6u1TcvyXzbT6SywQQwYz2Jm_W0E_xr-9bPTs
- Kelebekler, E. (2019). Nesnelerin İnterneti Tabanlı Meteorolojik Veri Takip Sistemi. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 7(1), 650-663.
- Landau, S. ve Everitt, B. S. (2003). *A handbook of statistical analyses using SPSS*. Chapman and Hall/CRC.
- Lewis, R. J. ve Copley, G. B. (2015). Chronic low-level hydrogen sulfide exposure and potential effects on human health: a review of the epidemiological evidence. *Critical Reviews in Toxicology*, 45(2), 93-123.
- Lord, F. M. ve Novick, M. R. (1968), *Statistical Theories of Mental Test Scores*, Reading,
- Macit, H. B., (13,11,2023). Arduino ile MQ-135 hava kalite sensörü kullanımı, <https://www.hbmacit.com/2020/01/18/arduino-ile-mq-135-hava-kalite-sensoru-kullanimi/>
- Maden Tetkik ve Arama (2024, Şubat 3), Elektrik Sahaları. MTA. <https://www.mta.gov.tr/v3.0/sayfalar/hizmetler/jeotermal-harita/images/10.jpg>
- Mahbub, M. (2020). A smart farming concept based on smart embedded electronics, internet of things and wireless sensor network. *Internet of Things*, 9, 100161.
- Mangiafico, S. S. (2016). Summary and Analysis of Extension. *Program Evaluation in R*, version, 1(1).

- Masters, G. M. (1991). Introduction to environmental engineering and Science Prentice Hall. *Upper Saddle River*
- Milli Savunma Bakanlığı (2024, Şubat 3), Aydın Fiziki İl Haritası. MSB. <https://www.harita.gov.tr/urun/aydin-fiziki-il-haritasi/450>
- Mo, J., Zhang, Y., Xu, Q., Lamson, J. J. ve Zhao, R. (2009). Photocatalytic purification of volatile organic compounds in indoor air: A literature review. *Atmospheric environment*, 43(14), 2229-2246.
- Muck, P.Y. ve Homam, M.J., (2018). Iot Based Weather Station Using Raspberry Pi 3. *International Journal of Engineering & Technology*, 145-148.
- Muezzinoglu, A. (2000). Hava Kirliliğinin Kontrolünün Esasları. *Dokuz Eylül Yayınları, İzmir*.
- Müezzinoğlu, A., (2003). Atmosfer Kimyası, *Dokuz Eylül Üniversitesi Yayınları, İzmir*.
- Di Nisio, A., Di Noia, T., Carducci, C. G. C. ve Spadavecchia, M. (2015, October). Design of a low cost multipurpose wireless sensor network. In *2015 IEEE International Workshop on Measurements & Networking (M&N)* (pp. 1-6). IEEE.
- Onat, B. ve Şahin, Ü.A., (2012). "Trafik Kaynaklı Partikül Madde Boyutlarının ve Siyah Duman ile İlişkisinin Araştırılması", *Çevre Koruma ve Araştırma Vakfı*.
- Ozkurt, N., Sari, D., Akalin, N. ve Hilmioglu, B. (2013). Evaluation of the impact of SO₂ and NO₂ emissions on the ambient air-quality in the Çan–Bayramiç region of northwest Turkey during 2007–2008. *Science of the total environment*, 456, 254-266.
- Öztürk M. (2017). Hidrojen Sülfürün Kanalizasyona ve Sağlık Üzerine Etkileri, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Ankara.
- Pagella, C., Silvestri, P. ve De Faveri, D. M. (1996). Hydrogen sulphide removal with a biochemical process: the biological step. *Chemical and biochemical engineering quarterly*, 10.
- Pallant, J. (2017). *SPSS kullanma kılavuzu: SPSS ile adım adım veri analizi*. Anı Yayıncılık.
- Peavy, H. S., Rowe, D. R. ve Tchobanoglous, G. (1985). *Environmental engineering* (Vol. 2985). New York: McGraw-Hill.

- Lee Rodgers, J. ve Nicewander, W. A. (1988). Thirteen ways to look at the correlation coefficient. *The American Statistician*, 42(1), 59-66.
- Saini, H., Thakur, A., Ahuja, S., Sabharwal, N. ve Kumar, N. (2016, February). Arduino based automatic wireless weather station with remote graphical application and alerts. In *2016 3rd international conference on signal processing and integrated networks (SPIN)* (pp. 605-609). IEEE.
- Saner, B. ve Popovski, K. (2005, April). Environmental Advantages of Geothermal Energy. In *Post Conference Course, World Geothermal Congress, Antalya Turkey*.
- Sazak, T. ve Albayrak, Y. (2017). Nesnelerin İnterneti (IoT) Üzerine Ortam Verilerini Toplayan ve Uzaktan Takibini Sağlayan Bir Sistem Tasarımı. 19. *Akademik Bilişim Konferansı, Aksaray, Türkiye*.
- Schober, P., Boer, C. ve Schwarte, L. A. (2018). Correlation coefficients: appropriate use and interpretation. *Anesthesia & analgesia*, 126(5), 1763-1768.
- Seinfeld, J. H., ve Pandis, S. N. (2016). *Atmospheric chemistry and physics: from air pollution to climate change*. John Wiley ve Sons.
- Shaddick, G., Thomas, M. L., Amini, H., Broday, D., Cohen, A., Frostad, J. ve Brauer, M. (2018). Data integration for the assessment of population exposure to ambient air pollution for global burden of disease assessment. *Environmental science & technology*, 52(16), 9069-9078.
- Steudler, P. A. ve Peterson, B. J. (1984). Contribution of gaseous sulphur from salt marshes to the global sulphur cycle. *Nature*, 311(5985), 455-457..
- Sun, S., Qiao, H., Wei, Y., ve Wang, S. (2017). A new dynamic integrated approach for wind speed forecasting. *Applied energy*, 197, 151-162.
- Rumalutur, S., ve Mappa, A. (2019). Temperature and Humidity Moisture Monitoring System with Arduino R3 and DHT 11. *Electro Luceat*, 5(2), 40-47.
- Tabachnick, B. ve Fidell, L. S. (2007) *Using Multivariate Statistics*, (Fifth Edition), Pearson Education. Inc., Boston
- Taştan, M. (2019). Nesnelerin İnterneti Tabanlı Akıllı Sulama ve Uzaktan İzleme Sistemi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (15), 229-236.

- Tecer, L. H. (2011). Hava kirliliği ve sağlığımız. *Bilim ve Aklın Aydınlığında Eğitim*, 135, 15-29.
- Tunçbilek Ö.F. ve Yılmaz M., (2021), Türkiye’ de Jeotermal Elektrik Enerjisi Üretimi İçinde Aydın İlinin Yeri ve Önemi, *Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 12(2), 138-150.
- Türker M. Hidrojen Sülfür İçeren Gazların Arıtılması-1: Fizikokimyasal Yöntemler, *Su Kirlenmesi Kontrolü Dergisi*. 2000(10),27-44.
- Türkiye Cumhuriyeti Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı. (2023, Kasım 11). Hava Kalitesi İndeksi. ÇŞİDB. <https://egethm.csb.gov.tr/hava-kalitesi-indeksi-i-87403>
- Tranmer, M., Murphy, J., Elliot, M., ve Pampaka, M. (2020). Multiple Linear Regression (2nd Edition), *he Cathie Marsh Centre for Census and Survey Research (CCSR)*.
- Wallace, L. A. (1991). Comparison of risks from outdoor and indoor exposure to toxic chemicals. *Environmental Health Perspectives*, 95, 7-13.
- World Health Organization. (1981). Hydrogen Sulfide-Environmental Health Criteria 19.
- World Health Organization. (1997) Nitrogen Oxides -Environmental Health Criteria 188.
- World Health Organization. (2000). *Air quality guidelines for Europe*. World Health Organization. Regional Office for Europe.
- World Health Organization. (2006). *Air quality guidelines: global update 2005: particulate matter, ozone, nitrogen dioxide, and sulfur dioxide*. World Health Organization.
- Yılmaz, M., Beba, H. E., Umur, D., Ünal, Z. F., Toros, H. ve Öztürk, Z. (2020). Dilovası Hava Kalitesinin Ulusal Mevzuata Göre Değerlendirilmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (19), 703-714.



EKLER

Ek 1. Sistem-1 Sensör Ölçüm Değerleri Çizelgesi

Zaman	Nem (%)	Sıcaklık (°C)	Yağmur	CO	Basınç (Pa)
2023-02-13	49,5	8,6	4095	1001	101728
2023-02-14	45,3	9	4095	1033	101441
2023-02-15	48,8	8,3	4095	1008	101431
2023-02-16	50,2	9	4095	1423	101837
2023-02-17	49,4	9,8	4095	1127	101937
2023-02-18	57	13	4095	1143	101726
2023-02-19	65,6	13	4095	1103	101460
2023-02-20	71,1	12,5	4095	1336	101149
2023-02-21	75,9	11,2	4095	777	101117
2023-02-22	65,3	14	4095	718	100726
2023-02-23	68,7	14,2	4095	596	100616
2023-02-24	61,9	16,6	4095	645	100701
2023-02-25	61,7	17,8	4095	684	100689
2023-02-26	64,7	15	4095	611	100884
2023-02-27	46,9	17,9	4095	785	101098
2023-02-28	45,9	18,3	4095	765	101088
2023-03-01	54,5	17,9	4095	634	100654
2023-03-02	68,2	17	4095	696	100458
2023-03-03	68,6	16,2	4095	785	100500
2023-03-04	73,7	13,9	3966	729	100759
2023-03-05	83	13,1	3838	591	100101
2023-03-06	76,8	13,6	4095	1208	100348
2023-03-07	84,6	12,6	3816	879	100569
2023-03-08	74,7	15,2	4095	896	100481
2023-03-09	71,7	15,5	4095	928	100512
2023-03-10	73,9	15,5	4095	976	100448
2023-03-11	74,4	16	3838	711	99764
2023-03-12	78,4	16,4	3603	835	99507
2023-03-13	74,6	14,6	4095	816	99978
2023-03-14	68,7	12,9	4095	868	100169
2023-03-15	66,2	14,3	4034	938	99862
2023-03-16	77,9	14	3158	906	99772
2023-03-17	78,5	13,7	4085	1061	100022
2023-03-18	68,6	13,6	4095	956	100270
2023-03-19	62,4	14,8	4095	618	100440
2023-03-20	65,6	15,2	4095	684	100617

2023-03-21	71,7	14,5	4095	761	100356
2023-03-22	66,9	16,5	4052	768	100160
2023-03-23	66,8	17	4095	777	100317
2023-03-24	69,2	16,3	4095	811	100387
2023-03-25	64,4	17,8	4095	736	100143
2023-03-26	64,8	17,5	4095	720	100024
2023-03-27	60,8	18,1	4095	714	100004
2023-03-28	63,5	16,5	3793	701	99834
2023-03-29	56	13,5	3961	611	100810
2023-03-30	48,5	12,5	4095	753	101341
2023-03-31	50,1	14,4	4095	821	100941
2023-04-01	61,9	16,3	4095	813	100470
2023-04-02	55,6	18,8	4095	613	100262
2023-04-03	43	19,9	4095	600	99962
2023-04-04	53,2	17,8	3709	585	99451
2023-04-05	72,4	16,8	3152	671	100125
2023-04-06	75,5	13,3	3771	809	100353
2023-04-07	73,6	14,9	3887	649	100328
2023-04-08	70,5	14,5	4095	840	100723
2023-04-09	69,8	16,4	4069	820	100513
2023-04-10	70,9	16,2	4095	790	99968
2023-04-11	67	15,6	4095	722	99650
2023-04-12	67,2	14,5	3673	779	99729
2023-04-13	62,1	16,6	3019	744	100240
2023-04-14	58,6	17,1	4095	733	100601
2023-04-15	55,4	18,2	4095	753	100592
2023-04-16	58,5	18,7	4013	791	100318
2023-04-17	60,8	18,5	3995	844	100094
2023-04-18	59,5	16,8	3294	745	100100
2023-04-19	71,1	15,9	2258	645	100152
2023-04-20	69,3	16,5	1375	657	100147
2023-04-21	57,3	19,6	2884	674	100140
2023-04-22	56,6	19,5	3304	653	100217
2023-04-23	65,6	16,7	3753	708	100334
2023-04-24	64,9	17,3	4095	734	100454
2023-04-25	65,6	17,1	4095	760	100295
2023-04-26	70,5	16,5	4095	861	100058
2023-04-27	64	19	4085	712	99942
2023-04-28	63	15,6	4095	754	100362
2023-04-29	49,9	15,6	4095	699	100439
2023-04-30	51,4	16,9	4095	766	100436
2023-05-01	51,1	19,8	4095	743	100667
2023-05-02	54,9	19,9	4095	757	100913
2023-05-03	56,1	19,3	4095	757	100933

2023-05-04	53,1	23,5	3250	786	100753
2023-05-05	52,9	24,5	2968	835	100707
2023-05-06	60,9	23	4067	755	99854
2023-05-07	67,7	20,8	4095	739	100315
2023-05-08	60,4	21,6	4095	800	100510
2023-05-09	61,9	21,1	4095	793	100426
2023-05-10	65	21,2	4095	786	100362
2023-05-11	64,9	21,3	4095	735	100337
2023-05-12	64	21,1	4006	888	100431
2023-05-13	61,5	21,2	4095	820	100868
2023-05-14	56,3	22	4095	820	100981
2023-05-15	47,5	26,2	4095	917	100548
2023-05-16	49,4	25,9	4095	924	100142
2023-05-17	54,5	24,9	3867	785	99926
2023-05-18	62,2	22,4	3951	779	100034
2023-05-19	55,9	22,7	4095	807	100270
2023-05-20	50	23,2	4095	764	100113
2023-05-21	51,1	24,1	4095	789	99837
2023-05-22	64	22,3	3980	831	99801
2023-05-23	75,2	21,7	2747	907	100090
2023-05-24	73,7	22,6	3282	900	100316
2023-05-25	69,6	22,4	4095	818	100333
2023-05-26	60,2	24	4095	833	100173
2023-05-27	59,5	24,5	4071	842	99821
2023-05-28	67,3	22,7	3597	826	99660
2023-05-29	68,1	23,2	4081	811	99857
2023-05-30	73,1	22,6	3096	821	100325
2023-05-31	76,7	22,5	3085	893	100524
2023-06-01	67,4	23,9	4095	811	100311
2023-06-02	76,4	22	3935	834	100096
2023-06-03	74,4	22,8	4095	848	100110
2023-06-04	66,9	24,3	4095	828	100477
2023-06-05	55,9	25,9	4095	915	100450
2023-06-06	53,6	26,5	4095	858	100385
2023-06-07	56,2	27,3	4095	811	100294
2023-06-08	65,2	25,6	3666	856	100125
2023-06-09	69,1	25,7	3626	844	100015
2023-06-10	61,6	26,8	4095	828	99760
2023-06-11	55,6	25,9	4095	843	99641
2023-06-12	55,3	26,7	4094	844	99704
2023-06-13	60,5	25,9	4095	850	99747
2023-06-14	58,5	26,6	4095	809	100003
2023-06-15	52,8	27,4	4095	819	100161
2023-06-16	44,6	28,2	4095	854	99691

2023-06-17	53,3	25,1	3945	880	99539
2023-06-18	79,1	23,5	3476	872	100074
2023-06-19	70,6	25,5	4095	854	100097
2023-06-20	59,7	26,7	4095	892	100206
2023-06-21	50,9	27,7	4095	857	100148
2023-06-22	44,4	29,2	4095	849	100110
2023-06-23	40	33,4	4095	1013	100605
2023-06-24	38,2	28,9	4095	867	100571
2023-06-25	34,6	30,1	4095	868	100207
2023-06-26	45,3	31,7	4095	819	100145
2023-06-27	48,8	30,5	4095	855	100232
2023-06-28	50,7	30	4095	806	100365
2023-06-29	44,8	29,9	4095	854	100600
2023-06-30	47,7	29,4	4095	802	100566
2023-07-01	37,8	33	4095	801	100428
2023-07-02	45,2	29,1	4095	830	100454
2023-07-03	49,4	29,8	4095	890	100450
2023-07-04	53,7	30,2	4095	905	100506
2023-07-05	53,2	30,4	4095	885	100260
2023-07-06	56,3	30,7	3577	857	100187
2023-07-07	52	30,1	4095	842	100430
2023-07-08	48,1	30,8	4095	861	100516
2023-07-09	36,7	30,4	4095	746	100851
2023-07-10	31,9	30	4095	780	100930
2023-07-11	32,8	30,8	4095	795	100993
2023-07-12	34,5	32	4095	871	101052
2023-07-13	37,6	33,1	4095	892	100895
2023-07-14	33,7	34,5	4095	851	100601
2023-07-15	31,9	35,7	4095	880	100549
2023-07-16	31,8	34,9	4095	855	100455
2023-07-17	31,7	34,4	4095	855	100444
2023-07-18	33,4	34,2	4095	876	100254
2023-07-19	30,7	34,2	4095	812	100127
2023-07-20	25,5	33,2	4095	813	100180
2023-07-21	25,3	35,3	4095	853	100494
2023-07-22	29,7	33,8	4095	898	100799
2023-07-23	31,2	34,3	4095	885	100751
2023-07-24	31,4	34	4095	862	100506
2023-07-25	32,9	33,1	4095	849	100357
2023-07-26	28,7	34	4095	860	100139
2023-07-27	38,8	32,4	4095	847	100063
2023-07-28	38	30,9	4095	855	100505
2023-07-29	33,7	30,7	4095	859	100250
2023-07-30	33,6	30,2	4095	858	100120

2023-07-31	31,8	32	4095	854	100109
2023-08-01	29,5	30,3	4095	876	100121
2023-08-02	32,4	30,1	4095	892	100408
2023-08-03	33,5	31,1	4095	896	100542
2023-08-04	39,3	30,4	4095	934	100442
2023-08-05	42,6	31,3	4095	933	100239
2023-08-06	40	31,8	4095	878	100294
2023-08-07	36,8	30	4076	843	100400
2023-08-08	42,9	30,9	4095	928	100208
2023-08-09	51,7	29,9	4095	932	100274
2023-08-10	44,1	29,7	4095	953	100609
2023-08-11	38,7	30,2	4095	820	100739
2023-08-12	37,4	29,8	4095	773	100575
2023-08-13	45,4	29,3	4095	812	100528
2023-08-14	60,8	29,1	4095	882	100575
2023-08-15	65,1	30,4	4095	863	100554
2023-08-16	65,5	30	4095	861	100369
2023-08-17	64,7	30,5	4095	902	100216
2023-08-18	68,2	29,9	4095	940	100268
2023-08-19	70,0	28,4	4095	886	100329
2023-08-20	54,8	29,7	4095	854	100294
2023-08-21	50,9	29,1	4095	842	100350
2023-08-22	51,9	31,6	4095	823	100443
2023-08-23	54,4	31,0	4095	856	100441
2023-08-24	55,7	30,3	4095	888	100475
2023-08-25	53,7	30,6	4095	919	100400
2023-08-26	55,5	29,8	4056	913	100301
2023-08-27	62,3	28,9	3984	842	100197
2023-08-28	55,0	28,9	4095	816	100158
2023-08-29	58,1	28,7	4095	882	100062
2023-08-30	57,8	28,2	4095	835	100286
2023-08-31	59,5	28,1	4095	812	100733
2023-09-01	55,8	27,8	4095	856	100843
2023-09-02	56,6	28,3	3962	954	100641
2023-09-03	53,3	28,5	4095	859	100521
2023-09-04	54,8	27,8	4052	886	100146
2023-09-05	63,9	26,2	4095	819	100310
2023-09-06	62,7	27,7	4095	853	100711
2023-09-07	61,3	28,5	4095	894	100620
2023-09-08	57,1	29,3	4095	962	100399
2023-09-09	55,7	29,0	4095	941	100367
2023-09-10	53,5	28,6	4095	898	100314
2023-09-11	40,1	28,5	4095	1298	100258
2023-09-12	39,4	27,5	4095	809	100607

2023-09-13	39,7	26,8	4095	790	100867
2023-09-14	42,3	26,5	4095	806	100845
2023-09-15	38,3	26,5	4095	868	100848
2023-09-16	34,9	27,1	4095	893	100851
2023-09-17	40,9	27,1	4095	915	100712
2023-09-18	47,8	26,9	4095	939	100533
2023-09-19	46,8	26,3	4095	875	100567
2023-09-20	48,4	25,9	4095	968	100824
2023-09-21	45,7	25,6	4095	953	100878
2023-09-22	41,8	26,2	4095	996	101021
2023-09-23	43,0	27,3	4095	1054	100943
2023-09-24	41,6	27,9	4095	1012	100657
2023-09-25	39,0	27,5	4095	1001	100529



Ek 2. Sistem-2 Sensör Ölçüm Değerleri Çizelgesi

Zaman	Nem (%)	Sıcaklık (°C)	Yağmur	CO	Basınç (Pa)
2023-04-17	60,4	18,5	4008	721	100077
2023-04-18	58,3	16,8	3252	578	100079
2023-04-19	69,9	15,9	2195	600	100142
2023-04-20	67,7	16,5	1496	560	100130
2023-04-21	56	19,6	2790	516	100140
2023-04-22	55,7	19,6	3286	595	100210
2023-04-23	64,2	16,9	3752	648	100298
2023-04-24	63,9	17,2	4095	621	100446
2023-04-25	64,3	17	4095	575	100279
2023-04-26	69,8	16,4	4095	822	100036
2023-04-27	63,3	19	4082	680	99924
2023-04-28	61,7	15,6	4095	691	100345
2023-04-29	49,1	15,6	4095	588	100419
2023-04-30	50,3	16,8	4095	651	100428
2023-05-01	50,1	19,8	4095	665	100659
2023-05-02	52,9	20	4095	702	100904
2023-05-03	55,9	19,3	4095	620	100925
2023-05-04	56,1	24	3152	697	100804
2023-05-05	56,3	25,1	2838	687	100683
2023-05-06	59,2	23,1	4040	601	99852
2023-05-07	66,5	20,8	4095	619	100314
2023-05-08	59,3	21,6	4095	744	100505
2023-05-09	60,8	21,1	4095	647	100419
2023-05-10	64	21,2	4095	707	100354
2023-05-11	63,5	21,2	4095	576	100320
2023-05-12	62,7	21	4002	754	100415
2023-05-13	60,2	21,3	4095	722	100854
2023-05-14	55,7	22	4095	719	100971
2023-05-15	46,5	26,2	4095	864	100530
2023-05-16	48,3	25,9	4095	823	100121
2023-05-17	53,2	24,8	3894	606	99920
2023-05-18	61,4	22,4	3956	753	100020
2023-05-19	54,9	22,7	4095	643	100264
2023-05-20	48,9	23,2	4095	623	100115
2023-05-21	49,9	24,1	4095	769	99825
2023-05-22	62,3	22,5	3917	770	99801
2023-05-23	71	21,9	2674	847	100479
2023-05-24	73,2	21,3	4095	790	100807
2023-05-25	63,8	21,9	4095	758	100797
2023-05-26	52,9	23,8	4095	788	100615

2023-05-27	53,9	23,8	3909	666	100290
2023-05-28	60,4	23,2	3779	771	100111
2023-05-29	64,5	22,1	4095	651	100306
2023-05-30	69,6	22,6	3904	766	100783
2023-05-31	68,5	22,7	3713	778	100982
2023-06-01	57,8	23,9	4095	729	100759
2023-06-02	69,2	23	3926	777	100555
2023-06-03	67,2	23,4	4095	749	100566
2023-06-04	60,8	24,4	4095	651	100923
2023-06-05	48	26,1	4095	818	100898
2023-06-06	44,9	27	4095	800	100825
2023-06-07	50	27,1	4095	712	100721
2023-06-08	59,2	26	3934	681	100586
2023-06-09	64,7	25,2	3798	775	100442
2023-06-10	56,4	26,2	4089	695	100199
2023-06-11	44,5	27	4095	805	100074
2023-06-12	48,8	26,7	4095	790	100130
2023-06-13	53,7	26,1	4047	752	100178
2023-06-14	52,9	26,2	4095	779	100445
2023-06-15	50,8	26	4095	670	100643
2023-06-16	45	28,4	4095	755	100015
2023-06-17	46,3	28,1	3752	766	100137
2023-06-18	48,2	27,9	2946	737	100442
2023-06-19	48,3	28,2	4095	746	100735
2023-06-20	42	29,2	4095	764	100957
2023-06-21	43	27,6	4095	759	100848
2023-06-22	37,2	28,4	4095	697	100928
2023-06-23	32,8	29,4	4095	972	100880
2023-06-24	36,2	28,3	4095	748	100840
2023-06-25	34,4	28,5	4095	741	100795
2023-06-26	31,5	31	4095	740	100169
2023-06-27	36,7	30,7	4095	810	100287
2023-06-28	38,1	30,4	4095	705	100419
2023-06-29	35,7	29,4	4095	748	100668
2023-06-30	33,9	29,7	4095	747	100626
2023-07-01	30,5	28,9	4095	751	100488
2023-07-02	32,6	29,7	4095	720	100510
2023-07-03	38,1	29,6	4095	814	100505
2023-07-04	43,7	30,3	4095	778	100563
2023-07-05	39,8	31,2	4095	774	100316
2023-07-06	45,7	30,4	3643	772	100241
2023-07-07	43,9	30,9	4095	701	100486
2023-07-08	37,1	31,2	2412	729	100572
2023-07-09	28,3	29,9	2173	626	100912

2023-07-10	26,7	29,4	4095	657	100998
2023-07-11	25	31,1	4095	688	101061
2023-07-12	27,2	30,8	4095	769	101118
2023-07-13	30,8	32,5	4095	778	100953
2023-07-14	26	33,6	4095	820	100662
2023-07-15	25,6	34,5	4095	680	100611
2023-07-16	26,5	34,3	4095	755	100515
2023-07-17	24,4	34,1	4095	784	100514
2023-07-18	25,7	33,8	4095	738	100320
2023-07-19	26,4	34,4	4095	730	100190
2023-07-20	25,5	33,2	4095	674	100180
2023-07-21	25,3	35,3	4095	665	100494
2023-07-22	32,9	33,8	4095	842	100799
2023-07-23	28,5	34,3	4095	699	100777
2023-07-24	25,4	33,1	4095	824	100589
2023-07-25	22,7	33	4095	676	100412
2023-07-26	19,5	34,2	4095	819	100197
2023-07-27	31,4	32,5	4095	786	100133
2023-07-28	27,8	31,5	4095	746	100560
2023-07-29	24	31,3	4095	797	100323
2023-07-30	22,5	31,7	4095	704	100145
2023-07-31	28	29	4095	735	100030
2023-08-01	29,5	30,3	4095	780	100121
2023-08-02	32,4	30,1	4095	728	100408
2023-08-03	33,5	31,1	4095	848	100542
2023-08-04	39,3	30,4	4095	824	100442
2023-08-05	42,6	31,3	4095	866	100239
2023-08-06	40	31,8	4095	848	100294
2023-08-07	36,8	30	4076	753	100400
2023-08-08	39,7	31	4095	836	100206
2023-08-09	40,5	30,3	4095	768	100333
2023-08-10	44,1	29,7	4095	911	100609
2023-08-11	38,7	30,2	4095	662	100739
2023-08-12	37,4	29,8	4095	686	100575
2023-08-13	39,2	29	4095	727	100546
2023-08-14	46,9	29,1	4095	790	100653
2023-08-15	54,7	29,7	4095	753	100660
2023-08-16	50,9	30,2	4095	770	100432
2023-08-17	51	30,8	4095	835	100278
2023-08-18	52,5	30,6	4095	853	100332
2023-08-19	49,7	29,7	4095	795	100385
2023-08-20	49,5	29,7	4095	743	100343
2023-08-21	39,4	30,9	4095	707	100293
2023-08-22	29,2	32	4095	762	100242

2023-08-23	39,9	30,7	4095	792	100396
2023-08-24	44,3	31,8	4095	743	100519
2023-08-25	42,9	31,4	4095	876	100452
2023-08-26	42,8	29,9	3898	768	100355
2023-08-27	49,3	29,7	3894	828	100259
2023-08-28	43	29,1	4095	675	100222
2023-08-29	43,7	29	4095	714	100123
2023-08-30	45,7	28,9	4095	683	100352
2023-08-31	48,3	29	4095	750	100796
2023-09-01	44,1	28,6	4095	773	100904
2023-09-02	46,7	29,2	3938	785	100701
2023-09-03	42,6	29,3	4095	773	100583
2023-09-04	43,5	28,5	4039	802	100211
2023-09-05	49	27	4095	677	100380
2023-09-06	44,7	28,1	4095	830	100773
2023-09-07	48,8	29,2	4095	816	100678
2023-09-08	42,9	29,4	4095	887	100456
2023-09-09	42,2	29,2	4095	801	100424
2023-09-10	41,9	29,3	4095	847	100370
2023-09-11	29	29,5	4095	1233	100316
2023-09-12	29	28,2	4095	646	100674
2023-09-13	29,5	27,7	4095	676	100931
2023-09-14	31,9	27,2	4095	749	100927
2023-09-15	27,1	27,4	4095	783	100909
2023-09-16	23,8	27,7	4095	889	100911
2023-09-17	30,6	27,8	4095	741	100773
2023-09-18	34,7	27,4	4095	819	100590
2023-09-19	33,9	26,8	2513	797	100629
2023-09-20	35,4	26,5	2535	937	100888
2023-09-21	34,6	26,3	2580	813	100936
2023-09-22	30,8	26,9	2729	877	101081
2023-09-23	31,7	27,9	3094	894	101011
2023-09-24	32,4	28,7	3306	869	100715
2023-09-25	29	27,9	3270	929	100596

Ek 3. Meteoroloji Genel Müdürlüğü Verileri

Zaman	Nem (%)	Sıcaklık (°C)	Yağmur	CO	Basınç (hPa)	H ₂ S
2023-02-13	50,2	6,9	0	1000	1020,5	7,9
2023-02-14	39,5	7,5	0	1005	1018,3	4,7
2023-02-15	45,2	7,2	0	1007	1017	7
2023-02-16	49,8	7,1	0	1419	1021,3	1,3
2023-02-17	49,6	7,9	0	1097	1022,4	8
2023-02-18	61,5	9,6	0	1134	1021,3	8,2
2023-02-19	73	11,8	0	1056	1018,5	4,5
2023-02-20	71,5	12,2	0	1302	1015,2	2
2023-02-21	70,8	12,1	0	760	1014,8	8,7
2023-02-22	64,5	12,4	0	699	1011,4	7
2023-02-23	71,6	13,2	0	594	1009,9	1,3
2023-02-24	69,2	13,5	0	627	1010,2	0,1
2023-02-25	78	13,7	0	-	1010,5	1,9
2023-02-26	60,8	15,1	0	-	1012	5
2023-02-27	42,3	17,9	0	-	1014,4	1,6
2023-02-28	41,2	18,3	0	731	1014,8	2,2
2023-03-01	47,2	18,6	0	619	1010,4	9,7
2023-03-02	77,9	15,3	0	668	1008,4	18,8
2023-03-03	73,7	14,9	0	756	1008,2	9,6
2023-03-04	79	11,7	0	704	1011,5	0,4
2023-03-05	98,8	11,4	1,9	563	1005,4	8,6
2023-03-06	83,8	11,4	16,4	1183	1006,2	11,5
2023-03-07	93	10,6	0,5	875	1009,8	11,9
2023-03-08	80,1	13,5	17,8	851	1008,8	0,3
2023-03-09	71,8	14,4	0	901	1009	8,2
2023-03-10	77,4	14,5	0	970	1008,5	9
2023-03-11	69,7	16,2	0,1	672	1002	12,4
2023-03-12	90,3	14,7	6,8	804	997,8	0,2
2023-03-13	78	12,9	6,4	799	1002,6	10,3
2023-03-14	65,2	10,7	0	857	1005,2	5,9
2023-03-15	64,5	12,1	0	914	1002	6
2023-03-16	86,1	12,5	4,3	856	1000,7	0,3
2023-03-17	85	11,7	13,9	1022	1002,6	7,2
2023-03-18	72,1	11,2	4,5	924	1005,9	6,2
2023-03-19	70	11,6	0	-	1007,5	11,2
2023-03-20	69,1	13,3	0	-	1010	0,8
2023-03-21	69,3	14,1	0	-	1007,5	2,7
2023-03-22	66,9	15,7	0,8	-	1004,4	13,8
2023-03-23	69,1	15,8	0	732	1006,5	9
2023-03-24	69,8	15,4	0	778	1007,7	0,2

2023-03-25	72,2	15,7	0	697	1005,1	-
2023-03-26	72,9	15,7	0	680	1003,1	-
2023-03-27	68,2	16,8	0	704	1003,3	-
2023-03-28	63,7	16,3	1	655	1001	-
2023-03-29	64,9	9,5	6,5	563	1009,5	-
2023-03-30	47	9,2	0	704	1017,1	-
2023-03-31	47,7	11,6	0	774	1013,9	-
2023-04-01	69,1	15	0	772	1008,8	-
2023-04-02	53,6	18,3	0	611	1005,9	-
2023-04-03	40	19,8	0	563	1003,3	-
2023-04-04	48,9	18,6	0	564	997,2	-
2023-04-05	83,7	14,9	12,9	638	1003,5	-
2023-04-06	86	11,1	0	773	1006,7	-
2023-04-07	80,3	12,2	18,2	624	1006,7	-
2023-04-08	71,9	13,1	0	812	1010,9	--
2023-04-09	71	15,7	0,3	780	1009,5	-
2023-04-10	74,1	15,7	0	771	1003,3	-
2023-04-11	69,9	13,4	0	689	999,5	-
2023-04-12	67,9	12,9	0	768	999,8	7,8
2023-04-13	69,3	14,2	0,9	704	1004,8	0,4
2023-04-14	54,4	16,7	0	713	1009,4	6,1
2023-04-15	52	18,2	0	714	1009,8	11,5
2023-04-16	57,6	17,7	0	763	1007	10,7
2023-04-17	60,3	17,8	0,1	842	1003,9	9
2023-04-18	53,6	17,8	0	696	1003,9	11,5
2023-04-19	66	16,8	0,2	625	1004,3	15,2
2023-04-20	68,8	16,4	0	609	1004,3	11,9
2023-04-21	63,4	16,8	0,5	624	1004,6	0,5
2023-04-22	54,8	17,9	0	619	1004,8	4,5
2023-04-23	67,1	17	0,6	686	1006,1	14,1
2023-04-24	63	16,7	0,4	702	1008,3	8,8
2023-04-25	58,4	17,6	0	714	1006,3	2,1
2023-04-26	73,6	16,8	0	831	1002,8	3,3
2023-04-27	80,2	15,6	20,2	695	1001,3	13,2
2023-04-28	63,3	14,2	0,2	711	1006,4	5,5
2023-04-29	43,3	13,8	0	690	1008	0,5
2023-04-30	47	15,4	0	756	1007,6	8,3
2023-05-01	53,3	17,9	0	736	1009,6	8
2023-05-02	53,5	19,5	0	726	1012,3	7,4
2023-05-03	43,5	21,6	0	715	1012,9	8,9
2023-05-04	74,5	18,7	7,8	736	1012,4	6,7
2023-05-05	92,4	17,6	16	798	1005,6	5,3
2023-05-06	78,9	18,6	0,4	728	999,6	6,8
2023-05-07	72,2	18,5	0	707	1005,7	0,3

2023-05-08	56,8	20,5	0	767	1008,6	3,6
2023-05-09	61,4	19,6	0	760	1007,7	13,3
2023-05-10	68,6	19,9	0	738	1007,1	2,8
2023-05-11	67,9	19,3	0	716	1006,6	0,4
2023-05-12	67	19,5	0	847	1007,2	0
2023-05-13	65,7	18,9	0	780	1011,5	10,1
2023-05-14	57,2	20,6	0	799	1013,1	5,3
2023-05-15	48,8	23,8	0	885	1009,3	0,4
2023-05-16	49,3	25,6	0	877	1004	2,3
2023-05-17	55,6	23,6	0,6	737	1001,9	6,5
2023-05-18	70,4	20,7	0,1	759	1002,4	7,3
2023-05-19	65,4	20	0,5	764	1005,3	0,2
2023-05-20	49,8	21	0	759	1004,5	1,4
2023-05-21	53,7	21,7	0	786	1000,9	5,1
2023-05-22	72	20,7	0	797	1000,7	6
2023-05-23	95,8	18	3,8	864	1002,1	0,4
2023-05-24	90,3	18,9	15	887	1005,8	5,6
2023-05-25	75,1	20,7	2,7	817	1006,8	5
2023-05-26	60,4	22,6	0	797	1004,5	7,2
2023-05-27	63,1	22,6	0	814	1001,6	1,6
2023-05-28	67,7	22	8	814	998,9	0,6
2023-05-29	80	20	11,6	781	1000,9	1,8
2023-05-30	83,8	20,8	0,5	810	1005,7	0,2
2023-05-31	84,6	20,2	7,3	848	1008,9	0,2
2023-06-01	68,6	22,5	3,2	773	1006,8	1,7
2023-06-02	80	21,4	0	823	1003,8	8,9
2023-06-03	81,4	21,6	2,5	804	1003,1	3,9
2023-06-04	72,6	23,2	0	794	1008	0,2
2023-06-05	56,5	24,4	0	876	1008	2,6
2023-06-06	51	25,8	0	845	1006,9	1,7
2023-06-07	59,3	25,9	0	789	1006	1,6
2023-06-08	69,7	24,7	0	812	1003,8	2,5
2023-06-09	82,3	23,1	5,7	799	1002,9	1,4
2023-06-10	70	24,9	0	810	1000,5	1,3
2023-06-11	51,7	25,9	0	806	998,7	1,8
2023-06-12	57,6	25	0	821	999,3	2,4
2023-06-13	65,3	24	0	810	999,7	4,3
2023-06-14	62,5	24,7	0	804	1002,1	15,2
2023-06-15	54,6	26,1	0	816	1004	5,4
2023-06-16	47,3	27,2	0	847	1000,1	0,5
2023-06-17	67	23,6	4,5	833	998,2	0,7
2023-06-18	86,7	21,7	20,4	824	1001,2	1,7
2023-06-19	77,7	23,6	12,9	851	1004,3	5,2
2023-06-20	58,7	25,9	0	852	1007,2	0,1

2023-06-21	48,5	26,7	0	849	1006,1	7,6
2023-06-22	43,2	28,1	0	836	1006,8	13,6
2023-06-23	38,6	28,6	0	1009	1006,7	12,7
2023-06-24	39,9	28,8	0	825	1005	0,3
2023-06-25	50,7	28,1	0	826	1002,7	4,9
2023-06-26	48	28,4	0	818	999,8	2,1
2023-06-27	46,7	29,1	0	826	1000,1	2,5
2023-06-28	51,1	29,1	0	802	1001,1	1,1
2023-06-29	44,8	28	0	823	1003,6	1,7
2023-06-30	47,5	28,1	0	784	1003,7	-
2023-07-01	40,9	27	0	775	1002	-
2023-07-02	44,8	27,5	0	799	1002,3	-
2023-07-03	49,3	28,6	0	863	1002	-
2023-07-04	57,4	29,1	0	867	1003,2	-
2023-07-05	49,2	30,5	0	879	1000,8	-
2023-07-06	58	29,2	0	844	999,4	-
2023-07-07	58,3	27,8	4,8	802	1002,1	-
2023-07-08	46,4	30,2	0	842	1002,7	-
2023-07-09	37,4	28,5	0	719	1006,4	-
2023-07-10	33	27,8	0	753	1008	-
2023-07-11	32,2	29,4	0	776	1008,5	-
2023-07-12	32,4	30,9	0	844	1009,2	-
2023-07-13	36,7	32,6	0	870	1007,9	8,1
2023-07-14	32,6	33,7	0	850	1004,2	0,3
2023-07-15	29,8	35,2	0	830	1003,3	3
2023-07-16	32	34,1	0	807	1002,5	6,1
2023-07-17	33	32,7	0	825	1002,4	5,6
2023-07-18	35,3	32,7	0	835	1000,7	0,1
2023-07-19	32,4	32,4	0	779	999,4	3,8
2023-07-20	31,8	32,8	0	784	998,8	6,6
2023-07-21	31	33,9	0	808	1001,5	7,7
2023-07-22	35,8	33,6	0	853	1005,2	2
2023-07-23	36	33,5	0	841	1005,6	3,1
2023-07-24	30,5	33,2	0	851	1003,5	7,5
2023-07-25	35,9	31,8	0	801	1001,7	6,5
2023-07-26	28	33,4	0	824	999,5	1,9
2023-07-27	38,1	31,7	0	846	998,2	1,7
2023-07-28	41,7	29,5	0	835	1002,8	7,7
2023-07-29	36,3	28,8	0	835	1000,9	10,5
2023-07-30	32	29,7	0	824	999,1	0,4
2023-07-31	36,3	30	0	842	997	2,8
2023-08-01	39,8	29,1	0	841	998,3	5
2023-08-02	45,8	29,5	0	875	1001	5,1
2023-08-03	43,7	29,7	0	879	1002,7	1

2023-08-04	53,4	29,9	0	888	1002,1	0,1
2023-08-05	56	30	0	902	1000	0,1
2023-08-06	50,8	29	0	856	1000,1	0,9
2023-08-07	47,3	28,5	0	830	1001,4	0,5
2023-08-08	50,7	29,4	0	899	999,8	1,7
2023-08-09	52	29,1	0	883	1000,3	0,3
2023-08-10	57,6	27,9	0	942	1003	0,2
2023-08-11	54,3	28,2	0	789	1004,9	0,5
2023-08-12	47,4	28,9	0	768	1003,2	0,3
2023-08-13	53,7	28,8	0	805	1002,8	5,7
2023-08-14	61,7	28,5	0	841	1003,7	3,8
2023-08-15	71,3	28,7	0	835	1004,2	0,2
2023-08-16	67,5	29,3	0	837	1002,2	2,4
2023-08-17	64,6	30,2	0	860	1000,3	8,2
2023-08-18	68,3	29,8	0	900	1000,7	4,3
2023-08-19	67,3	29,4	0	882	1001,2	0,5
2023-08-20	66,6	29,3	0	827	1001	4,9
2023-08-21	50,5	30,8	0	810	1000,4	10,1
2023-08-22	48,1	31,2	0	822	1001,2	5,1
2023-08-23	51,8	31,3	0	847	1002,3	0,7
2023-08-24	51,8	30,7	0	871	1002,7	2,2
2023-08-25	51,8	30	0	916	1002	2,7
2023-08-26	52,3	29,4	0	877	1001,1	0,1
2023-08-27	68,3	27,5	2,5	830	1000,1	0,7
2023-08-28	53,5	27,8	0	794	999,8	0,6
2023-08-29	58,5	28	0	835	998,6	8,7
2023-08-30	56,7	27,7	0	804	1000,3	1,7
2023-08-31	60	27,8	0	789	1005,1	0,9
2023-09-01	58,6	26,8	0	808	1007,3	2,1
2023-09-02	58	27,8	1,6	914	1004,5	0,2
2023-09-03	53,1	27,9	0,4	826	1003,7	0,6
2023-09-04	53,7	27,2	0	836	999,7	0,2
2023-09-05	66,7	24,8	0	798	1000,6	0,1
2023-09-06	61,3	27,9	0	841	1005	7,8
2023-09-07	58,4	28,8	0	876	1005	0,8
2023-09-08	54,4	29,4	0	935	1002,3	0
2023-09-09	53,7	28,5	0	915	1001,6	2,3
2023-09-10	53,7	28	0	879	1001,5	6,2
2023-09-11	38,5	27,7	0	1261	1000,4	7,6
2023-09-12	35,4	26,9	0	788	1003,5	4,9
2023-09-13	37,6	25,8	0	778	1006,9	4,2
2023-09-14	40,3	25,8	0	799	1007,2	3,6
2023-09-15	36	26	0	861	1007	3,5
2023-09-16	30,5	26,9	0	892	1007,2	0,6

2023-09-17	39,3	26,2	0	883	1005,6	1,5
2023-09-18	47,1	26,1	0	914	1003,6	6,5
2023-09-19	46,3	25,3	0	829	1003,3	4,1
2023-09-20	48	25,1	0	941	1006,2	2,3
2023-09-21	46,1	24,7	0	921	1007,3	5,6
2023-09-22	38,2	26,2	0	952	1008,9	13,7
2023-09-23	38,9	27,9	0	1004	1008,5	6,1
2023-09-24	37,8	28,5	0	982	1005,1	0,6
2023-09-25	35,6	27,3	0	999	1003,3	1,1



ÖZ GEÇMİŞ

Soyadı, Adı : KANDEMİR, Muhammed Mustafa
Yabancı dil : İngilizce

EĞİTİM

Derece	Kurum	Mezuniyet tarihi
Lisans	Kocaeli Üniversitesi-Teknik Eğitim Fakültesi- Elektronik ve Bilgisayar Eğitimi Bölümü- Elektronik Öğretmenliği	2014

İŞ DENEYİMİ

Yıl	Yer/Kurum	Unvan
2018-2020	Özel Mavi Teknik Pancar Osb MTAL	Otomasyon Öğretmeni,
2020-2023	Özel Aydın Yüksek Teknoloji Koleji MTAL	Teknik Müdür Yardımcısı
2023-	Köyceğiz Bilim ve Sanat Merkezi	Uçak Elektroniği Öğretmeni