



T.C.

ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ

LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ



**İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ İÇİN ÇALIŞMA ORTAMLARINDA
HAVA KALİTESİNİN ÖNEMİ VE TEKNOLOJİK ÖLÇÜMLERİ**

Mustafa Utku TEMEL

İş Güvenliği Anabilim Dalı

ÇANAKKALE

T.C.
ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
YÜKSEK LİSANS TEZİ

**İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ İÇİN ÇALIŞMA ORTAMLARINDA
HAVA KALİTESİNİN ÖNEMİ VE TEKNOLOJİK ÖLÇÜMLERİ**

Mustafa Utku TEMEL

İş Güvenliğı Anabilim Dalı

Tezin Sunulduğı Tarih: 27/08/2020

Tez Danışmanı:

Prof. Dr. Mustafa ÇINAR

ÇANAKKALE

Mustafa Utku TEMEL tarafından Prof. Dr. Mustafa ÇINAR yönetiminde hazırlanan ve 27/08/2020 tarihinde aşağıdaki jüri karşısında sunulan “İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ İÇİN ÇALIŞMA ORTAMLARINDA HAVA KALİTESİNİN ÖNEMİ VE TEKNOLOJİK ÖLÇÜMLERİ” başlıklı çalışma, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü İş Güvenliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak oy birliği ile kabul edilmiştir.

JÜRİ

Prof. Dr. Mustafa ÇINAR

.....

Başkan

Prof. Dr. Ali Rıza MOTORCU

.....

Üye

Dr. Öğr. Üyesi Şahin Yuvka

.....

Üye

Doç. Dr. Pelin KANTEN

Müdür

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Sıra No:.....

İNTİHAL (AŞIRMA) BEYAN SAYFASI



Bu tezde görsel, işitsel ve yazılı biçimde sunulan tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uyularak tarafımdan elde edildiğini, tez içinde yer alan ancak bu çalışmaya özgü olmayan tüm sonuç ve bilgileri tezde kaynak göstererek belirttiğimi beyan ederim.

Mustafa Utku TEMEL

TEŐEKKÖR

Bu tezin gerçekleştirilmesinde, çalışmam boyunca yardımlarını esirgemeyen saygı değer tez danışman hocam, Prof. Dr. Mustafa ÇINAR, alışma sũresince tũm zorlukları benimle gũęũsleyen can yoldaşım ev arkadaşım aynı zamanda kuzenim Turgut BELİK’e, hayatımın her evresinde bana destek olan değerli aileme ve Kalan Madencilik’ten İSG uzmanı şantiye Amiri Ahmet SEMERCI’ ye sonsuz teőekkũrlerimi sunarım.

Mustafa Utku TEMEL
anakkale, Ağustos 2020



SİMGELER

CH ₄	Metan
%	Yüzde oranı
TL	Türk Lirası
CO	Karbonmonoksit
A	Galeri kesit alanı
PM10	Partikül maddeler
(°)	Derece
AC	Alternatif akım
DC	Doğru akım
K	Havanın sürtünme katsayısı
L	Galeri uzunluğu
Qi	i.yoldan geçen hava miktarı
Px	Ani basınç kaybı
Pv	Hız basıncı
Ri	i.yolun direnci
P	Basınç kaybı
Rreg	Regülatör direnci

KISALTMALAR

AB	Avrupa Birliği
WHO	Dünya Sağlık Örgütü
ILO	Dünya Çalışma Örgütü
İSG	İş Sağliğı ve Güvenliği
TTK	Türkiye Taşkömürü Kurumu
OSHA	İş Sağliğı ve Güvenliği Ajansı
EPA	Çevre Koruma Ajansı
KYAA	Kablosuz Yeraltı Algılayıcı Ağ
AÇÜ	Artvin Çoruh Üniversitesi
AQI	Hava Kalite İndeksi
TTK	Türkiye Taşkömürü Kurumu
CO ₂	Karbondioksit
CO	Karbonmonoksit
CH ₄	Metan
O ₂	Oksijen

ÖZET

İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ İÇİN ÇALIŞMA ORTAMLARINDA HAVA KALİTESİNİN ÖNEMİ VE TEKNOLOJİK ÖLÇÜMLERİ

Mustafa Utku TEMEL

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

İş Güvenliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Prof. Dr. Mustafa ÇINAR

27/08/2020

İSG (İş Sağlığı ve Güvenliği) alanındaki çalışmaların amacı, çalışanların iş kazalarından korunmasını sağlamak, aynı zamanda onların daha sağlıklı bir ortamda çalışmalarına yönelik olarak mevcut risklerin öngörülmesini ve ortadan kaldırması için çalışmalar yapmak ya da zararları en aza indirmeyi sağlamaktır.

Günümüzde teknolojinin hızlı gelişmesi ve bunun paralelinde de üretimin ve rekabetin büyük oranda artması, işçilerin iş güvenliği ve sağlığına yönelik tehlikelerinde artmasına neden olmuştur. 20. yüzyıl makineleşmenin yoğun olduğu bir yüz yıl olmuş bu da yeni üretim yöntemlerini ortaya çıkarmıştır. Bu doğrultuda da artan iş kazaları sonucu uzuv kayıplı yaralanmalar ve ölümler artmıştır.

Bilim, teknoloji ve sanayileşmedeki baş döndürücü bu gelişmeler hiç şüphe yokki, devletlerin kalkınma süreçlerine ve bireylerin rahatlıklarına pek çok katkılar sağlamıştır. Ancak bu gelişmelerin paralelinde çalışma hayatında bu başarının sağlandığı söylenemez.

Madencilik sektörü maden arama aşamasından, üretimine ve lojistiğine kadar birçok alanı kapsamaktadır. Doğası gereği yüksek riskleri bünyesinde barındıran endüstriyel sektörlerden biridir. Madencilik işlemleri sırasında oluşması muhtemel riskler için yeterince önlemler alınmadığından dolayı sektör iş kazalarının yüksek olduğu bir çalışma alanıdır. Madencilikte çalışma ortamı diğer sektörlerle karşılaştırıldığında sürekli değişmektedir. Madencinin değişen bu doğa şartlarına karşı kendisini adapte ederek üretim yapması bir zorunluluktur. Bundan dolayı madencilik işlemleri sırasında meydana gelebilecek risklerin doğru yöntemlerle analiz edilip değerlendirilmesi gerekmektedir.

Bu tez çalışmasında işyeri ortamlarında özellikle yer altı maden ocaklarında çalışanların sağlığını önemli derecede etkileyen hava kalitesinin çalışanlar için uygun olup olmadığını anlık olarak takip etmek, oluşabilecek risk ve tehlikelere karşı önlem alınmasını sağlamak amacıyla bir cihaz geliştirilmiştir. Geliştirilen bu cihazın sadece maden ocaklarında değil hava kalitesinin kontrol altında olması gereken tüm yerlerde kullanılabilmesi kolay ve geliştirilebilirdir. Tek bir gaz sensörüyle (MQ135) aynı direnç üzerinden geçen farklı gazlar sensör tarafından aynı anda algılanmakta ve çalışma kapsamında geliştirilen bilgisayar programı yardımıyla ppm'e çevrilerek maden ocağı havasındaki gazların (O_2 , CO_2 , CO ve CH_4) oranları hesaplanabilmektedir.

Uluslararası Çalışma Örgütü (ILO)'ya bağlı olarak faaliyetlerini sürdüren İş Sağlığı ve Güvenliği Ajansı (OSHA) tarafından kapalı ortamlar için hava kalitesinin belirlenmesine yönelik olarak geliştirilmiş genel bir standart yoktur. Ülkelerin Hava Kalite İndeksi (Air Quality Index/ AQI) Çevre Koruma Ajansları (EPA) tarafından belirlenmektedir. Eşik değerleri onların kendi sınırlarına dönüştürmeleriyle oluşturulmaktadır. Ulusal Hava Kalitesi İndeksi ülkemizde EPA tarafından oluşturulan Hava Kalitesi İndeksinin ulusal yönetmelik ve eşik değerlerine uyarlanmasıyla yapılmıştır. Ülkemizde hava kalitesi indeksinin hesaplanmasına yönelik olarak kükürtdioksit (SO_2), karbonmonoksit (CO), partikül maddeler (PM_{10}), ozon (O_3) ve azotdioksit (NO_2) gibi 5 temel kirletici için hesaplamalar yapılmaktadır.

Geliştirilen bu cihaz sayesinde, aynı anda tek bir gaz sensörü kullanılarak farklı gazların ortam havasındaki konsantrasyonunun takip edilmesi ve ocak içerisindeki tehlikeli gazların konsantrasyonun tehlike sınır değerlerine ulaşması durumunda cihaz tarafından sesli ve görsel uyarı verilmesi çalışanlar için önemli bir avantaj oluşturmaktadır. Cihazın hafif ve küçük olması baret üzerine yerleştirilmesine imkan vermektedir. Cihazın aynı zamanda kablosuz haberleşme (WiFi) ile veri alış veriş yapabilmesi de önemli bir avantaj olup bu da ocak havasının her taraftan sürekli olarak izlenebilmesine imkan vermektedir. Baret üzerine monte edilerek çalıştırılacak olan cihazla ocak içerisinde her bir çalışanın her noktada tehlikeli durumlar için uyarılacak olması çalışanlar için tehlikeli durumların ve kazaların azaltılmasına önemli katkısı olacaktır. Cihazın maden ocaklarında kullanılan mevcut gaz sensor cihazlarına karşı en büyük üstünlüğü tek bir sensörle birden farklı gazın ortam havasında ölçülebilmesi, çalışanla beraber hareket halinde olması yani toplu değil kişiye yönelik koruma sağlamasıdır.

Anahtar sözcükler: iş sağlığı ve güvenliği, arduino sensör, hava kalite, gaz sensörleri, maden ocakları

ABSTRACT

IMPORTANT AND TECHNOLOGICAL MEASURES OF AIR QUALITY IN WORKING ENVIRONMENTS FOR OCCUPATIONAL HEALTH AND SAFETY

Mustafa Utku TEMEL

Çanakkale Onsekiz Mart University

School of Graduate Studies

Master's Thesis of the Department of Occupational Safety

Advisor: Prof. Dr. Mustafa ÇINAR

27/08/2020

The purpose of the work in the field of OHS (Occupational Health and Safety) is to ensure that employees are protected from work accidents, at the same time, to foresee and eliminate existing risks for their work in a healthier environment or to minimize damages.

Today, the rapid development of technology and the parallel increase in production and competition have increased the dangers of workers to work safety and health. The 20th century has been a century in which mechanization has been intense and this has revealed new production methods. In this direction, injuries and deaths with loss of limbs have increased as a result of increasing occupational accidents.

These dazzling developments in science, technology and industrialization have undoubtedly made many contributions to the development processes of states and to the comfort of individuals. However, it cannot be said that this success has been achieved in business life in parallel with these developments.

The mining industry covers many areas from mining exploration to production and logistics. It is one of the industrial sectors with high risks due to its nature. The sector is an area of work where occupational accidents are high due to insufficient precautions for possible risks that may occur during mining operations. The working environment in mining is constantly changing compared to other sectors. It is a necessity for the miner to adapt himself to these changing natural conditions. Therefore, the risks that may occur during mining operations should be analyzed and evaluated with the right methods.

In this thesis, a device has been developed in order to instantly monitor whether the

air quality, which significantly affects the health of the employees in the workplace environments, especially in underground mines, is suitable for employees, and to take precautions against the risks and dangers that may occur. The use of this developed device not only in mines but also in all places where air quality should be controlled is easy and improvable. Different gases passing over the same resistor with a single gas sensor (MQ135) are detected by the sensor at the same time and the rates of gases (O₂, CO₂, CO and CH₄) in the mine air can be calculated by converting to ppm with the help of the computer program developed within the scope of the study.

There is no general standard developed by the Occupational Health and Safety Agency (OSHA), which operates under the International Labor Organization (ILO), for the determination of air quality for indoor environments. The Air Quality Index (AQI) of the countries is determined by the Environmental Protection Agencies (EPA). Threshold values are created by transforming them into their own limits. The National Air Quality Index was made by adapting the Air Quality Index created by the EPA in our country to the national regulations and threshold values. Calculations are made for 5 main pollutants such as sulfur dioxide (SO₂), carbon monoxide (CO), particulate matter (PM₁₀), ozone (O₃) and nitrogen dioxide (NO₂) in order to calculate the air quality index in our country.

Thanks to this device developed, it is an important advantage for employees to monitor the concentration of different gases in the ambient air by using a single gas sensor at the same time and to give audible and visual warnings by the device in case the concentration of dangerous gases in the furnace reaches the danger limit values. The light and small size of the device allows it to be placed on the helmet. It is also an important advantage that the device can exchange data with wireless communication (WiFi), which allows the furnace air to be continuously monitored from all sides. The fact that each employee will be warned for dangerous situations at every point in the furnace with the device that will be mounted on the helmet will contribute to the reduction of dangerous situations and accidents for employees. The biggest advantage of the device against existing gas sensor devices used in mines is that it can measure more than one gas in ambient air with a single sensor, it is in motion with the employee, in other words, it provides protection for the person rather than collective.

Keywords: occupational health and safety, arduino sensor, air quality, gas sensors, mines

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

İNTİHAL (AŞIRMA) BEYAN SAYFASI.....	iii
TEŞEKKÜR.....	iv
SİMGELER	v
KISALTMALAR.....	vi
ÖZET	vii
ABSTRACT.....	ix
İÇİNDEKİLER	xi
ŞEKİLLER DİZİNİ	xiii
TABLolar DİZİNİ	xiv
BÖLÜM 1 GİRİŞ.....	1
1.1. İş Sağlığı ve Güvenliği (İSG)’nin Tanımı	1
1.2. Maden Ocaklarında İş Sağlığı ve Güvenliği	2
1.3. Maden Ocaklarında Gaz Ölçümü ve Önemi	3
BÖLÜM 2 ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	6
2.1. Maden Ocaklarının Ülkeler Ekonomisindeki Yeri ve Risklere Yönelik Yapılan Önceki Çalışmalar	6
2.2. Maden Ocaklarında Hava Kalitesi İçin Yapılan Benzer Çalışmalar ve Yeraltı Maden Teknolojilerine Yönelik Önceki Çalışmalar.....	7
BÖLÜM 3	
MATERYAL VE YÖNTEM.....	10
3.1. Mikrodenetleyiciler	10
3.2. Ardunio.....	11
3.3. Ardunio Yazım Dili C++	12
3.3.1. Void Setup	14
3.3.2. Void Loop.....	15
3.4. Sensörler	15
3.4.1. Gaz Sensörleri	15
3.5. Komponentler	17
3.5.1. Led ve Buzzer.....	17
3.6. Kablosuz Haberleşme WiFi.....	18
3.7. Gaz Ölçüm Cihazının Kurulumu ve Kullanımı	18

3.8. Geliştirilen Cihazın Çalışma Akış Diyagramı	23
BÖLÜM 4	
ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA	25
4.1. Geliştirilen Cihazın ve Diğer Cihazların Deneysel Verileri	25
4.1.1. Geliştirilen Cihazın Ölçüm Tekniği	27
4.1.2. Geliştirilen Cihazın Trolex Marka ile Karşılaştırılması	33
4.2. Geliştirilen Cihazın Maliyeti	36
BÖLÜM 5	
SONUÇ VE ÖNERİLER	38
5.1. Sonuç	38
5.2. Öneriler	39
KAYNAKLAR	I
ÖZGEÇMİŞ	III

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 1. Gaz ölçümü değerlerinin internetten takibi.	4
Şekil 2. Madenci izleme ağı Ergüzen ve Lüy, (2017)	8
Şekil 3. Mikro denetleyicilerin kullanım alanları	10
Şekil 4. Geliştirilen gaz ölçüm cihazında kullanılan Ardunio Uno	12
Şekil 5. Ardunio'nun çalışma prensibi	12
Şekil 6. Ardunio void setup ve void loop ekran görüntüleri.....	14
Şekil 7. MQ135 gaz sensörünün görseli	17
Şekil 8. Akıllı barete takılan cihazda kullanılan buzzer ve led. a) Buzzer, b) RGB led	17
Şekil 9. ESP8266 ardunio modülü	18
Şekil 10. Thingspeak sitesinde örnek gaz ölçümü sonuçlarının görünümü.....	19
Şekil 11. Fritzing programı yardımıyla devre şemasın oluşturulması	20
Şekil 12. Pin tanımları için yazılan kodlar.....	20
Şekil 13. Void setup.....	21
Şekil 14. Void loop'un çalıştırılma döngüsü ekran görüntüsü.	22
Şekil 15. Geliştirilen cihazın gerçek boyuttaki görünümü	23
Şekil 16. Geliştirilen cihazın çalışma akış diyagramı	24
Şekil 17: Çanakkale Kalan Madencilik firmasında kömür madenciliğinde kullanılan gaz ölçüm cihazları.....	26
Şekil 18. Basit MQ135 devre şeması (MQ135 kullanım kılavuzu, 2020).....	28
Şekil 19. Gaz hassasiyet özellikleri (MQ135 kullanım kılavuzu, 2020)	30
Şekil 20. MQ135 Rs/R0 değerlerinin nemli ortamda sıcaklığa bağlı değişim grafiği (MQ135 kullanım kılavuzu, 2020).....	32

TABLÖLAR DİZİNİ

Sayfa No

Tablo 1. Yeraltı madenciliğinde kullanılan gaz sensörleri	16
Tablo 2. Kalan Madencilik İşletmesinde kullanılan sensörlerin teknik bilgileri.....	27
Tablo 3. Geliştirilen cihazın tl (₺)ve dolar (\$) bazında maliyet tablosu 20/07/2020.....	36



BÖLÜM 1 GİRİŞ

1.1. İş Sağlığı ve Güvenliği (İSG)'nin Tanımı

Dünya sağlık örgütü (WHO) sağlığı sadece hastalık ve sakatlık olarak değil, aynı zamanda bedensel, ruhsal ve sosyal yönden tam bir iyilik hali olarak tanımlamaktadır (Hoşten ve Dalbay, 2018). Çalışanlar için iş sağlığı, çalışma hayatında var olan bütün tehlike etmenlerinden ve araç-gereçlerden kaynaklı tehlikelerden uzaklaştırılmış veya sınırlı bir çalışma alanında tamamen sağlıklı olma durumudur. Bu tanıma göre, çalışanların fiziksel sağlıkları yanında ve sanayi hastalığı olarak tarif edilen ruhsal ve sosyal bunalımlar da iş sağlığı tanımı kapsamına alınmıştır.

İş yerlerinde çalışanlar tarafından kullanılan makine ve teçhizatlardan kaynaklı risk ve tehlikelerin belirlenmesi ve çalışma şartlarının iyileştirilmesi amacıyla yapılan çalışmaların tümüne İş Güvenliği denir. İSG tabiatı gereği insan hedefli koruma ve korunmayı amaçlayan bir yöntemdir.

Modern toplumlarda çalışma hayatının insan odaklı olması, insan hayatını ve sağlığını önemli kılmaktadır. İş güvenliği kavramı artan küreselleşme ile birlikte endüstride üretim süreçlerinde ve ürünlerde İSG'yi önemli hale getirmektedir. Gelişmiş toplumların sanayileşme ve kalkınması çalışanlar için;

- Her an iş kaybetme korkusu,
- Eğitimsiz bırakılma,
- Örgütlenmenin engellenmesi,
- Kaygılı ve sindirilmiş iş gücü yaratmamaktır. Bu tür bir kalkınma kabul edilebilir değildir.

İSG kavramı dar veya geniş kapsamda ele alındığında, çalışanın sağlık ve emniyetinin işyeri sınırları ve iş dolayısıyla doğabilecek risklere karşı korunması dar kavramı anlatır. Fakat toplumların gelişmesiyle birlikte bu dar kavramın zamanla yeterli olmadığı görülmüş, yani çalışma ortamlarının sadece işçi ve işyeri ile sınırlı tehlikeleri barındırmadığı anlaşılmış ve genişletilmiştir. Böylece ulaşılan bu geniş anlamda İSG; yalnızca iş yerinden değil aynı zamanda işyeri dışından kaynaklı olarak çalışanların sağlık ve güvenliğini olumsuz etkileyebilecek risklere karşı önlem alınmasını ifade eder hale gelmiştir.

İSG Yönetmeliğine göre, Devletlerişçilerin güvenliğinden ve sağlığından sorumludurlar. Devlet, işçiler, müesseler, sendikalarla birlikte iş güvenliği mühendisleri ve onların bağlı olduğu meslek örgütleri ve işyeri hekimleri bu alanın sosyal taraflarını oluşturmaktadır.

Tedbirler alındığı takdirde iş kazalarını engellemek mümkündür. Buna rağmen, Dünyada her yıl ortalama 270 milyon iş kazası meydana geldiği Uluslararası Çalışma Örgütü'nün (ILO, 2009) istatistiklerine yansımaktadır. Bu istatistiklere göre Dünyada her 15 saniyede bir işçi meydana gelen kazalar nedeniyle yaralanmakta ve bunun sonucu olarakta her gün yaklaşık 6 bin 300 kişi iş kazası veya meslek hastalıkları nedeniyle yaşamını yitirmektedir (Ergüzen ve Lüy, 2004). Türkiye Maden İşçileri Sendikası'nın 2010 yılı Mart ayında TBMM'ye sunduğu rapora göre; Türkiye iş kazalarında Avrupa ve Dünya ile kıyaslandığında yılda 80 bin kaza ve 1600 ölümle sırasıyla birinci ve Dünya üçüncüsü durumundadır. İş kazaları sadece çalışanları etkilemekle kalmamakta aynı zamanda kazalar sonucu yaralanan ve yaşamını yitirenlerin yakınlarında da önemli ruhsal sorunlara sebebiyet vermektedir.

1.2. Maden Ocaklarında İş Sağlığı ve Güvenliği

Dünyanın hemen hemen her bölgesinde maden yatakları vardır. Türkiye coğrafyası da maden kaynakları açısından çeşitlilik ve zenginlik göstermektedir. Endüstrileşmeyle birlikte madenlere duyulan ihtiyaç artmış ve işletilen madenlerde insan gücü önemli bir etken oluşturmuştur. Dolayısıyla madenler günümüz çalışma hayatı içerisinde önemli bir yere sahiptir.

Madencilik ülkemizde tüm iş sektörleri göz önüne alındığında, iş kazaları sonrası ölüm oranlarının en yüksek olduğu sektörler arasında yer almaktadır. Madencilik sektöründeki çalışanların genelde eğitim seviyesi düşük iş gücünden oluşması ve onlara her ne kadar yaptıkları işle ilgili eğitimleri verilmesine ve çalışma ortamlarında güvenlik önlemleri alınmasına rağmen maden ocaklarında mekanize üretim yerine emek yoğun çalışılması madencilikte ölümlü iş kazası sıklığını artırmaktadır.

Türkiye'de madencilik sektöründe yapılan yasal düzenlemelere rağmen diğer sektörlerle karşılaştırıldığında meydana gelen iş kazalarının geçmiş yıllarda ve günümüzde azalmadığı aksine çalışan sayısı başına kaza ve ölüm oranlarının yüksek olduğu görülmektedir. Sosyal Güvenlik Kurumu (SGK)'nın 2002-2015 yılları arasına ait istatistiklerinde bu artışın devam ettiği gözlenmiştir (Arslanhan ve Cünedioğlu, 2010).

Yapılan çalışmalar, küçük ölçekli madencilik faaliyetlerinin terk edilerek büyük ölçekli madencilik faaliyetlerine geçilmesi, sektörde mekanize üretim yöntemlerinin oranının arttırılması ve madencilğe özgü güvenlik önlemlerin alınması ve denetimlerinin yapılmasının oldukça önemli hale geldiğini göstermiştir.

1.3. Maden Ocaklarında Gaz Ölçümü ve Önemi

Günümüzde maden işletmelerinde teknolojiye ve bilgisayar kullanımındaki artışa bağlı olarak otomasyona olan yönelim de artmıştır. Üretimi ve verimliliği arttırmak, daha güvenli ve sağlıklı bir ortamda çalışmayı sağlamak amacıyla bilgisayar kontrollü sistemler madencilikte daha yaygın kullanılmaya başlanmıştır. Özellikle yeraltı maden işletmelerinde çalışanların güvenliğini ve sağlığını tehlike altına sokan, zehirli gaz, patlayıcı gaz ve toz konsantrasyonlarının sürekli ve anlık olarak takip edilmesi büyük önem arz etmektedir. Kömür madenciliğinde ülkemizde ilk olarak bilgisayar ve cep telefonu aracılığıyla kontrollü uzaktan takip sistemlerinin artışı 90'li yılların sonuna doğru oluşmuştur. Günümüzde ise, teknolojiye bağlı olarak, gözlenen veri çeşitliliği, veri hassasiyeti, veri iletimi ve veri analizlerindeki artışla beraber otomatik kontrol sistemlerindeki artış çalışma ortamlarında iş güvenliğini kolaylaştırmıştır.

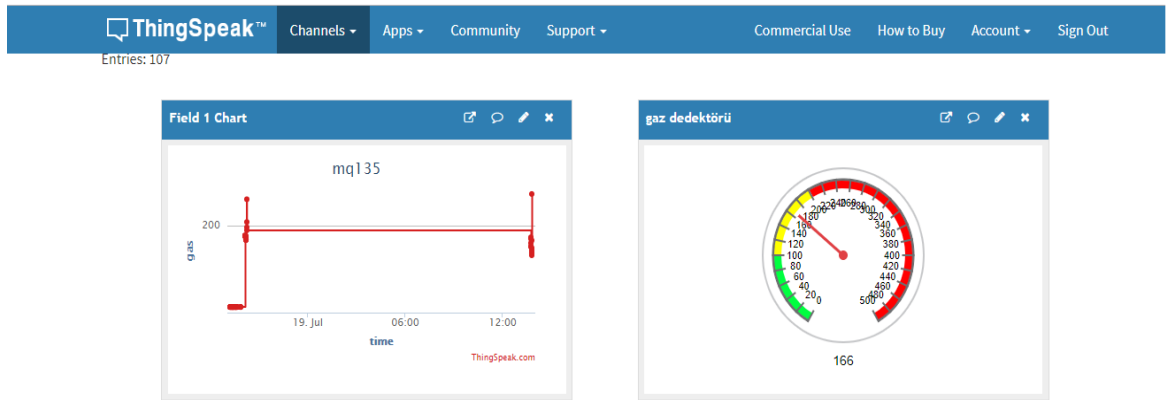
Yeraltı maden ocaklarında hava kalitesinin önemi tartışılmıyacak kadar önemlidir. En riskli ve büyük faciaların sebebi zehirlenme ve patlayıcı gazlardır. Yeraltı maden işletmelerinde işçi güvenliği ve sağlığında birinci hedef, havanın kirlenmesine neden olan maddelere maruz kalma seviyesini azaltarak onu güvenli sınırlara indirmektir. Bunun için, sadece çalışma ortamına verilen havanın miktarının değil, aynı zamanda ortama verilen hava akımının kalitesi üzerinde de çalışılmalıdır. Bu yüzden ocak içerisindeki havada, üretimden veya yapılan işlemde kaynaklı olarak oluşan farklı gazların konsantrasyonlarının takip edilmesi olası tehlike oluşturabilecek durumlara karşı büyük önem arz etmektedir. Ocak içerisindeki havanın kalitesinin değişmesi sonucu oluşacak bir kaza durumunda en büyük tehlike bir çalışanın yaralanması ve hayatını kaybetmesidir. Buna karşı en büyük önlemlerden biri çalışanların giydikleri barete monte edilecek bir gaz sensörü ile ocak havasının takip edilmesi olabilir.

19 Eylül 2013 yılında yayınlanan maden işyerlerinde İSG mevzuatına göre; havasında % 19'dan az oksijen, % 2'den çok metan, % 0,5'den çok karbondioksit, 50 ppm (% 0,005) den çok karbonmonoksit ve diğer tehlikeli gazlar bulunan yerlerde çalışılmaz. Havasında oksijen miktarı azalan veya patlayıcı, yanıcı ve zararlı diğer gazların karışmasıyla bozulan veya çok ısınan hava akımları, diğer çalışma alanlarından geçmesine engel olunarak, en kısa yoldan ve derhal ocak dışına atılmalıdır. Hava özelliklerinin ısınmasından, bozulmasından ve oksijen kaybetmesinden dolayı negatif etkilerinden işçileri korumak için, çalışmanın devam etmesi gerektiği durumlarda çalışma alanı ve zamanı sınırlandırılmalıdır. Yönetmeliğin bu maddesine göre ocak içerisinde işçilerin çalıştıkları ya da hareket halinde

oldukları alanlardaki havanın yönetmelikte belirtilen sınırları aşmaması gerekmektedir. Aynı zamanda ocak içerisindeki havanın hızı ve debisi her türlü yanıcı, patlayıcı, zararlı ve zehirli gazları, dumanı ve tozun yoğunluğunu seyretmeye, zararsız hale getirmeye ve taşıyıp ortamdan uzaklaştırmaya yeterli olmasıda bir zorunluluktur.

Ocak içerisinde meydana gelen bir yangından dolayı oluşan duman ya da karbonmonoksitin oluştuğu noktadan, dedektörün bulunduğu konuma gelmesi için geçen süre; hava hızına ve yangının başlangıç konumunun dedektöre olan mesafesine bağlıdır, vakit uzaklığın hava hızına bölünmesiyle bulunur. Yavaş hava hızlarında bu vakit uzun olabilir ve alarm zamanını önemli ölçüde etkileyebilir. Hava akışı hızlandıkça dedektöre ulaşılma vakti azalmakta lakin duman seviyelerinin ve karbonmonoksit yoğunluğu azalmaktadır (Andıç ve Kılıç, 2015).

Bu tez çalışması kapsamında, ortam havasındaki oksijen ve zararlı gazların anlık olarak veri akışıyla belirlenmesine yönelik olarak geliştirilen cihaz sayesinde, ortamdaki zararlı gaz konsantrasyonu cihaza girilen eşik değerinin üzerine çıktığında cihaz tarafından hem görsel hem de işitsel uyarı verilecek ve kayıt altına alınabilmektedir. Tehlikeli durumun ocak dışındaki görevliler tarafından da internetten de takip edilebilmesine olanak sağlanmıştır. Şekil 1’de ekran üzerinde gaz konsantrasyon uyarı sistemlerinin görüntüsü görülmektedir.



Şekil 1. Gaz ölçümü değerlerinin internetten takibi.

Yeraltı maden işletmeciliğinde çalışanların İSG’sini ilgilendiren en önemli durum ocak havasındaki hava kalitesi veya ocağın havalandırılma durumudur. Havalandırmadaki başlıca amaç; yeraltındaki işçilere yeterli oksijeni temin etmek, tehlikeli tozların ve gazların

ocak havası içindeki yoğunluğunu düşürerek onları ocak atmosferi dışına atmaktır. Aynı zamanda, çok derin ocaklarda ortamda oluşan ısıyı düşürüp ocak iklimini uygun hale getirmektir. Yeraltı kömür madenciliğinde üretim sırasında oluşan metan gazı ve kömür tozları patlamaları ile kendiliğinden yanma gibi ocak yangınları konusunda önceden risklerin belirlenmesi ve gerekli tedbirlerin alınması ile patlama ve yangınların oluşmasının önlenmesi son derece önemlidir. Bu şartların sağlanması ancak ocak içerisindeki ortamın sürekli ve anlık olarak takip edilmesiyle sağlanabilir.

Bu tez çalışmasının konusu, özellikle kapalı çalışma ortamlarında, yapılan işten kaynaklanan hava kirliliği nedeniyle ortam hava kalitesindeki değişimlerin çalışan sağlığına olan etkisini engellemek için cihaz geliştirilmiştir. Geliştirilen cihaz yardımıyla tehlikeden önce çalışanların uyarılması ve tehlikelere karşı anında önlem alınmasını sağlamaktır. Yani, tehlikelere karşı proaktif bir önlem ile çalışanların tehlikelere karşı uyarılmasıdır. Bu kapsamda özellikle yer altı maden ocaklarında tehlikelerin önceden belirlenmesinde en önemli takip sistemi olacaktır. Ocak havasındaki değişimlerin anlık takip edilmesine yönelik olarak mevcut kullanılan sensörlere alternatif olarak çok amaçlı yani aynı anda hem sıcaklığı hem tüm gazları ölçebilen, ocak havası sınır değerlerini aştığında çalışanları ve sorumlu amiri sesli ve görsel olarak uyaran bir sensör geliştirilmesi ile iş kazalarının minimuma indirilmesi sağlanmış olacaktır.

Bu tez çalışmasının amacı, yer altı madenindeki işçilerin bulunduğu ortamlardaki gaz ölçümlerini yapabilen ve bu ölçümleri internet ortamına taşıyabilen bir cihazın prototipini tasarlamak ve üretmektir. Bu amaçla arduino mikro denetleyici kartının gaz sensörüne eklenmesiyle düşük maliyetli bir cihaz geliştirilmiş ve cihazla yapılan ölçümler anlamlı hale getirilerek bir internet ağıyla her yerden takip edilebilir hale getirilmiştir. Bu geliştirilen cihazın baret üzerine monte edilmesi ile geliştirilen akıllı baretler sayesinde erken uyarı önlemleri sayesinde ortam havasından kaynaklı çalışanların yaralanma ve ölümleri azaltılmış olacaktır. Gerekirse cihaza birden fazla sensörün ilave edilmesiyle uzaktan izlemelerin sayısı artırılabilir.

BÖLÜM 2 ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

2.1. Maden Ocaklarının Ülkeler Ekonomisindeki Yeri ve Risklere Yönelik Yapılan Önceki Çalışmalar

Bu bölümde maden ocaklarının ekonomik etkileri ve risklerin değerlendirilmesine yönelik yapılan araştırmalar değerlendirilmiştir. Literatürde yapılan çalışmalar aşağıda özetlenmiştir:

Demir (2020), tarafından yapılan çalışmada ülkelerdeki maden varlıklarının çeşidi ve miktarı kadar madenlerin çıkarılıp işlenmesinin de ülkelerin gelişmişliği açısından bir o kadar önemli olduğu vurgulanmıştır. Bu çalışmada planlı kalkınma dönemine kadar Ereğli Kömür İşletmesi ve Ergani Bakır İşletmesi'nde çalışan işçilerin ne gibi hakları olduğuna değinilmiştir. Bu maden rezervi yer altı işçiliği ile gün yüzüne çıkartılmaktadır. Bu sebeple maden ocaklarında ve işletmelerinde çalışanların yani kısaca işçilerin haklarının iyi olması gerekmektedir. 19. yüzyılda Osmanlı Devleti'ndeki maden işletmeciliğinde yabancı egemenliği hâkim olup Ereğli kömür yataklarında çalışan personeller için ilk kez Dilaver Paşa Nizamnamesi ile yasal düzenlemeye gidilmiştir. Cumhuriyet dönemine kadar bu nizamnameden başka işçiler hakkında fazla bir çalışma yapıldığı söylenemez. Ereğli Kömür İşletmesi ve Ergani Bakır İşletmesi'nde çalışan işçilere sağlık, güvenlik ve mali haklar konusunda birtakım düzenlemeler yapılarak onların daha iyi koşullarda çalışmasına imkân sağlanmıştır. Bu iki maden işletmesinde işçilerin çalışma sürelerinin kısaltılması, bekâr işçilere üç öğün yemek verilmesi, işçilerin barınabileceği yatakhaneler inşa edilmesi, işyerinde alınacak olan güvenlik önlemleri gibi konularda işçi hakları iyileştirilmiştir.

Gelişmekte olan ülkeler işgücünün dörtte üçünü karşılamaktadır. Çalışan işçiler ağır iş yükü, uzun çalışma saatleri, yetersiz önlem ve tedbirler gibi can sıkıcı gerçeklerle yüzleşmektedir. Gelişmekte olan devletler iyileştirilmemiş çalışma şartlarının çalışanların ruhsal ve fiziksel sağlığını kalıcı olarak etkilediğine dair mühim sonuçların ortaya çıktığını belirtmektedirler. Gelişmiş devletlerde bu olumsuz şartlara karşı önlem ve iyileştirici yöntemler alınırken gelişmemiş devletlerde de bu tehlikeler yok sayılmaktadır

Kanten (2013) tarafından yapılan çalışmadaki madende çalışanlarının çalışma koşulları ve çalışma ortamlarının fertlerin gündelik yaşamlarını sürdürebilmesi açısından nitelikli problemler içerdiği tespit edilmiştir. Maden işçilerin gündelik rutinlerinin madenlerin analiz edilmesi, yüklenmesi, çıkarılması, taşınması, madenin tespit edilmesi gibi farklı iş yönlerini barındırdığı tespit edilmiştir. Bunun yanında, zararlı gazlar, yüksek ses ve kişisel donanım eksikliği gibi negatif çalışma şartlarından etkisinde kalan işçilerin stres, sırt

ve bel ağrısı, baş ağrısı gibi sağlık sorunlarıyla yüzleştikleri bu çalışmada belirtilmektedir. Diğer bir ifadeyle maden sahalarında çalışma şartlarının İSG açısından sorunlar taşıdığı ve işçilerin iş ve gündelik hayatlarını olumsuz etkilediği bu çalışmada tespit edilmiştir. Kanten'in bu çalışmasında maden işletmelerinde mühim olduğu düşünülen çalışma şartları, işçilerin psikolojik, fiziksel, ekonomik ve sosyal durumları ile aile fertleriyle arasındaki ilişkilerin araştırılması hedeflenmiştir.

Hoşten ve Dalbay (2018) tarafından yapılan çalışmada da maden işçiliğinin ağır bir iş olduğu, tehlikeleri barındırdığı, işçilerin gündelik hayatını değiştirdiği, aile ve sosyal ilişkilerini etkilediği belirtilmektedir. Bu sorunların yanında çalışanların maaşının az olmasının çalışanların sosyal hayatlarını ve aileleriyle zaman geçirme gibi etkinliklerini de azalttığına değinilmektedir.

2.2. Maden Ocaklarında Hava Kalitesi İçin Yapılan Benzer Çalışmalar ve Yeraltı Maden Teknolojilerine Yönelik Önceki Çalışmalar

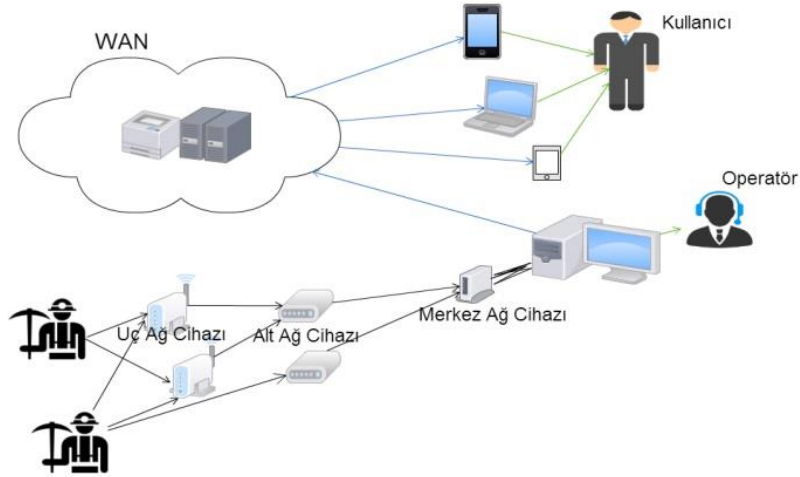
Bu bölümde yer altı madenciliğinde hava kalitesinin önemine ve hava kalitesinin iyileştirmesine yönelik yapılan çalışmalar ve geliştirilen çeşitli sistemler değerlendirilmiştir. Bu sebeple hem teorik hem de uygulamalı olarak ülkeler arası madencilik sektöründe bugüne kadar gerçekleştirilen benzer çalışmalar analiz edilmiştir. Literatürde yapılan çalışmalar aşağıda özetlenmiştir:

Aydın ve Barış (2015) çalışmasında, Türkiye Taşkömürü Kurumu (TTK) Kozlu Müessesesinde taşkömürü ocaklarının tehlikeli hava hızı ile gaz yoğunluklarının fiziksel özellikteki sensörler ile gözlenmekte olduğunu belirtmiştir. Çalışmada yeraltı maden ocaklarının gaz izlenmesi ve sensör ölçümleri ile doğru konumlara sabitlenmesinin analizi yapılmıştır. Bu çalışma TTK Kozlu İşletmesi Müdürlüğü yeraltı kömür madeni ocaklarında sensör sonuçlarının ve yerlerinin doğruluğunun belirlenmesi için gerçekleştirilen bir çalışmadır.

Şentürk ve Şentürk (2016) tarafından yapılan çalışma kablosuz yeraltı algılayıcı ağların (KYAA) iletimini ve uzaktan çevre verilerini alımına aralarında haberleşmeyi sağlayabilmektedir. Çalışmada KYAA'ların bu avantajları sayesinde maden sahalarında bulunan zehirli gazlar ve burada çalışan işçiler için risk oluşturan oksijen konsantrasyonu ölçülmüştür. Bu gaz konsantrasyonunun madencileri patlama veya zehirlenme seviyesine gelmeden önce erken uyarı vererek madencilere tedbir almaları için vakit kazandırması amaçlanmıştır. Maden güvenlik bilgi sistemine benzetilmiştir. Maden sahasına özel bir raylı sistem yerleştirilmiş ve hareketli düğüm sayıları en aza indirgenmiştir. Enerji ve düğüm

maliyetini en aza indirgeyerek gerçekleştirilen benzetim sonuçları aracılığı ile ispatlamışlardır.

Ergüzen ve Lüy (2017) tarafından yapılan çalışmada maden ocaklarında web tabanlı olarak işçilerin anlık yerini gösteren verici kullanılması incelenmiştir. Bu çalışmada maden içerisine konan nem, sıcaklık ve gaz alıcılarıyla kazaların önceden önlenmesi ve madenciye yerleştirilen verici cihazlarla da maden kazası gerçekleştikten sonra madencinin konumunu belirlemek için tasarlanmış bir sistem anlatılmaktadır (Şekil 2).



Şekil 2. Madenci izleme ağı (Ergüzen ve Lüy, 2017)

Tasarlanan sistemin yazılım uygulaması yapılmış ve donanımsal hiç bir cihaz kullanılmamıştır. Sistem gerekli olan donanım verilerini sanal olarak oluşturulan rasgele veri kümesinden almıştır. Bu çalışmada anlatılan sistem bir web uygulamasıdır. Bu yazılım her tür insanın kolaylıkla kullanıp anlayabileceği şekilde basit olarak tasarlanmıştır. Kullanıcılara internet üzerinden maden için yeni hücreler ekleyip silme imkânı verilmiştir. Bu yüzden kullanıcılar maden haritalarını kendilerine özgü şekilde oluşturabilmektedirler. Bu yazılım uygulaması sayesinde kullanıcılar tasarladıkları maden haritaları üzerinden madende çalışan işçilerin konumunu canlı olarak 3 boyutlu harita üzerinde tespit edebilmektedir.

Goztepe (2009), yazdığı kitabın 7. Bölümünde robotik bilimin elektronik, yapay zeka, makine, mekatronik gibi mühendisliklerin birleşiminden bahsetmiştir. Sensörlerin kimyasal ve fiziksel özelliklerinden yararlanılarak ihtiyaç duyulan alanlarda zamana bağlı değişkenlik gösteren analiz ve matematiksel araştırılması yapılmıştır. Çalışmanın amacı hava kirliliği ölçümleri yapan sensörden elde edilen verilerin analiz edilerek, geleceğe yönelik tahmin yapmak ve bu tahminleri sayısal olarak ortaya koymaktır. Diğer yönden bu çalışma, robotik

sensörler, istatistik ve veri analizi konularını dahil etmesi nedeniyle, çevre kirliliğini engellemeye yönelik yapılan bir çalışmadır.

Yeraltı madenciliğinde tehlikeli bölgelerde, cevher hazırlama tesislerinde ve cevher arama işlemlerinde robotik teknolojileri kullanılmaktadır. Özfiat (2010), tarafından yapılan çalışmada hızla gelişen teknoloji ile birlikte kullanım alanları artan robotik sistemlerin maden sektöründeki firmalar tarafından çalışma alanının güvenliğini yükseltmek için kullanılabilirliğinden bahsedilmiştir. Çalışmada, robotik teknolojilerin bileşenleri, madencilikte robotik sistemlerin uygulamaları ve robotik sistemlerin oluşturulması araştırılmıştır. Çalışmada ayrıca madencilikte robotik teknolojisini kullanmanın kazançlarına da değinilmiştir.



BÖLÜM 3

MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışmada yeraltı maden işletmelerinde özellikle kömür madenlerinde ocak havasını kirleten gazların ortam havasındaki konsantrasyon değerlerinin tehlike sınırlarına yaklaşmadan erken uyarı sistemleri ile çalışanların tehlikelere karşı korunması için baret üstü kişisel maruziyete yönelik cihaz ve yazılım geliştirilmesine yönelik olarak araştırmalar ve bulgular yapılmıştır. Bu kapsamda cihaz geliştirmek için, mikro denetleyiciler, Arduino, gaz sensörleri, Led, bürer, WiFi modülü gibi parçalar kullanılarak akıllı baret gaz ölçüm cihazı imal edilmiş ve bu cihazın yazılımında C++ dilinde geliştirilmiştir. Uygulaması Çan-Çanakkale bölgesinde faaliyet gösteren Kalan Madencilik yeraltı kömür madeninde yapılmıştır.

3.1. Mikrodenetleyiciler

Bir mikroişlemcili sistemde temel özellikleri bellek, mikroişlemci ve güç birimleri oluşturur. Bazı özelliklerini geliştirerek ya da azaltarak hepsini bir entegre içerisine uyumlu bir şekilde yerleştirdikten sonra mikrodenetleyicisi adını alır. Denetim teknolojilerinden faydalanmak için gereken programlarda kullanılmak üzere tasarlanmış olan mikrodenetleyiciler mikroişlemcilerle göre çok daha ucuz ve basittirler. Her alanda kullanılmakta olan mikrodenetleyiciler özellikle kameralarda, otomobillerde, fotokopi, cep telefonlarında ve televizyonlarda, oyuncaklarda, çamaşır makinelerinde vb. cihazlarda sıklıkla kullanılmaktadır (Şekil 3).



Şekil 3. Mikro denetleyicilerin kullanım alanları

Mikroişlemcide çevre birimleri örneğin ROM, bus controller, RAM vb. olmazsa mikroişlemcinin genel olarak bir problem için çalıştırılması ve bir problemi çözmesi beklenemez. Mikroişlemcilerin uyumlu bir şekilde çalışması için gerekli bilgi girişleri (input) ve bilgiyi derleyip dışarıya veri göndermesi (output) için pinlerinin bulunduğu bir sisteme gereksinim duyulmaktadır. Input, output girişlerinin ve mikroişlemcinin tek bir entegre içinde toplandığı yapılara mikrodenetleyici ismi verilir. Bu tez çalışmasında mikrodenetleyici olarak ucuz, ulaşılması kolay ve gerektiğinde çalışanlar tarafından da üretebilmesi mümkün olan arduino modeli kullanılmıştır.

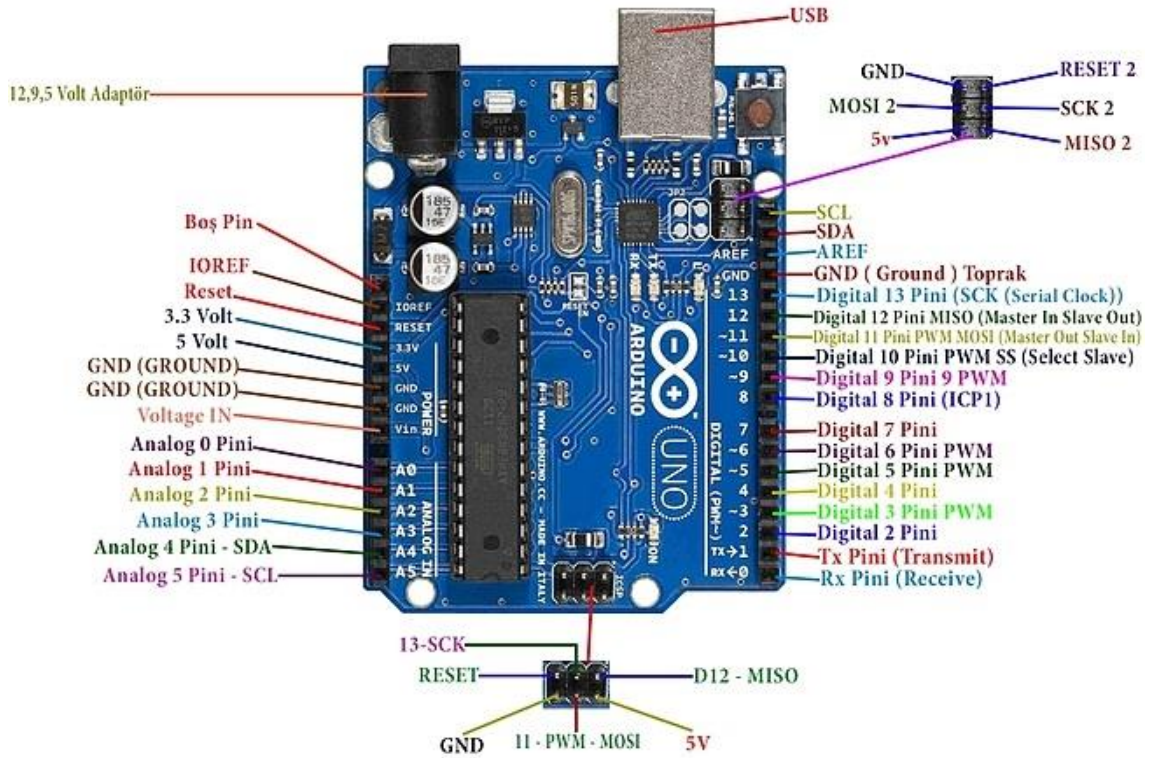
Bu sistemler genel bir problem çözmektense özel bir problem çözmek için tasarlanmış mikrodenetleyicilerdir. Kullandıkları iç kaynaklar çeşitliliğe sahip olmasına rağmen bu kaynakların sınırlı derecede olması yüzünden dolayı daha çok istenilen problemlere yönelik cihazların kontrolünde kullanılmaktadırlar. Gündelik hayatımızda kullanmakta olduğumuz birçok cihazın (radio, taşıtlar, alarm sistemleri, televizyon, cep telefonu, hesap makineleri, kameralar, bilgisayar, giriş-çıkış kontrol sistemleri vb.) kontrolü mikrodenetleyiciler tarafından gerçekleştirilmektedir. Aynı arduino ile gerek hırsız alarmı gerekse yangın alarmı yapılabilmesi onun kullanışlı bir cihaz olduğunu göstermektedir. Benzer aynı işlevi gören cihazlara göre daha ekonomik ve daha fonksiyoneldirler.

3.2. Arduino

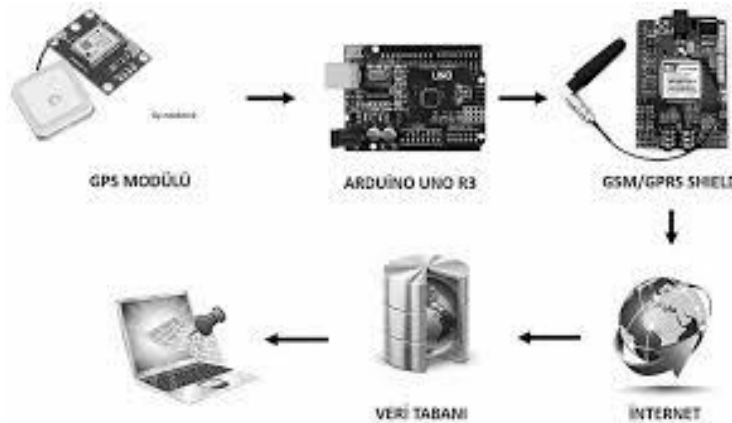
Arduino, açık kaynak kodludur. İtalyan mühendisler tarafından tasarlanmış ve geliştirilmiştir. Bu kartın en temel halinde üstünde mikrodenetleyici ve giriş çıkış pinleri mevcuttur. Arduino, açık kaynak kodlu olması sebebiyle geliştirilmesinin kolay olmasından dolayı özel problemleri çözmede kullanılır. Bu avantajlarından dolayı özel otamasyon uygulamalarının daha kolay ve düşük maliyetlerle gerçekleştirilmesini sağlamaktadır.

Arduino; içerisinde ATmega328 mikrodenetleyicisinin bulunduğu bir elektronik devre kartıdır. Arduino 32KB Flash belleğe, 16 MHz hıza ve 6 adet analog, 14 adet dijital çıkış ve giriş donanımına sahiptir (Şekil 5). Şekil 5'te görülen Arduino'nun aktif hale getirilebilmesi için yani çalıştırılması için bootloader programı dışında programlanmaya yönelik ekstra bir donanım ve yazılıma ihtiyaç duyulmamaktadır. Java formatında geliştirilen Arduino kod yayımcısı, yazım programlama dili C ve C++ dilinde kütüphanelerin derleme kartına yüklenmesi ile kullanılabilir. Arduino donanım özelliklerine göre Uno, Due, Nano, Mega, Esplora, Mini, Pro Mini, LillyPad gibi farklı çeşitleri mevcuttur (Süzen, Ceylan, vd.

2017).



Şekil 4. Geliştirilen gaz ölçüm cihazında kullanılan Arduinio Uno



Şekil 5. Arduinio'nun çalışma prensibi

3.3. Arduinio Yazım Dili C++

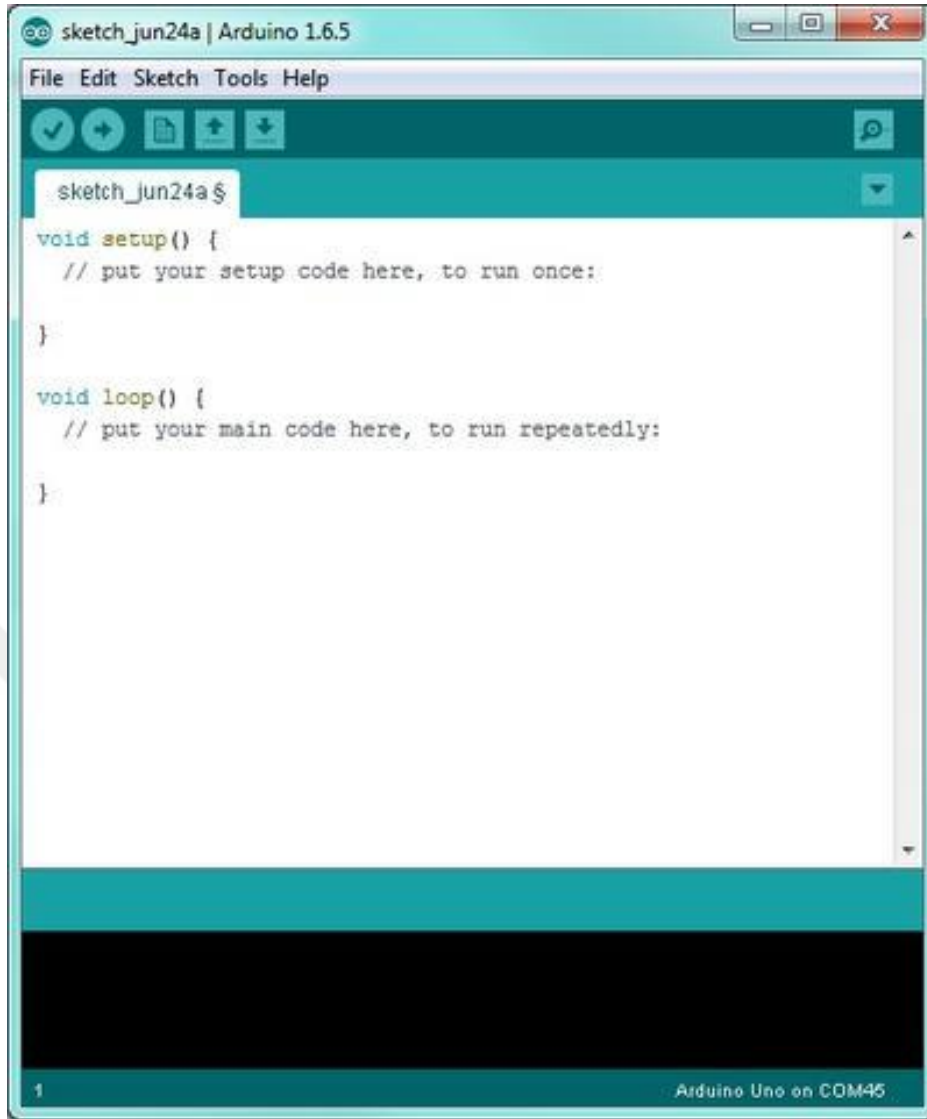
Bu tez çalışmasında, mikrodnetleyici olarak kullanılan Arduino kartının kontrol edilmesinde C/C ++ yazılım dili kullanılmıştır. Geleneksel olarak, Arduino kartları resmi

Arduino IDE veya alt düzey C kütüphaneleri kullanılarak programlanır. Bu yöntemler, kodu derlemek ve panoya yüklemek için belirli çapraz derleme araçları gerektirir. Kaynak kodda her değişiklik yapıldığında, yeniden derlenmesi ve yüklenmesi gerekir, bu da özellikle yeni başlayanlar için uygulamanın boyutu büyüdükçe uygulama geliştirmeyi hantal hale getirir.

Bu çalışma kapsamında geliştirilen cihazda, yukarıda bahsedilen olumsuzlukların ortadan kaldırılmasına yönelik olarak, özellikle mikrodenetleyici programlamanın ilk kez kullanıldığı ortamlarda kod derleme ile ilgili çabanın azaltılması için çalışmalar yapılmıştır. Aslında, bu yöntem kullanırken, kod yorumlanmış bir şekilde yürütülür ve her işlev çağrısı yorumlayıcı tarafından ayrı olarak işlenir, bu nedenle değişikliklerin etkili olması için derleme ve yükleme gerekmez.

Arduino paketi, bir bilgisayarda çalışan işlevler kitaplığından ve Arduino kartına yüklenmiş özel bir bellekten oluşur. Arduino kartındaki bellek önceden derlenir ve en son sürüm hazır değilse, çalışma anında otomatik olarak güncellenir. Açılıştan, kartı başlatır ve daha sonra bilgisayardan bir komut bekler. C/C++ yorumlayıcı kullanımı satır satır hata ayıklama, sayısal analiz ve çizim yeteneklerini de sunar. Arduino kartı ve bilgisayar arasındaki desteklenen iletişim protokolleri seri bağlı USB kablo veya Bluetooth'tur. Bu paket kullanılarak yazılan uygulama kodu, Arduino kartlarının tüm spektrumu ile tamamen uyumludur ve minimum değişikliklerle Arduino IDE'ye taşınabilir.

Bu tez çalışmasında kullanılan Ardunio'ya gerekli gaz sensorü, sıcaklık sensorü, işitsel ve görsel donanımların eklenmesiyle akıllı baret diyebileceğimiz cihaz geliştirilmiştir. Şekil 6'da iki bölümden oluşan Arduino void setup ve void loop kısımları görülmektedir.



Şekil 6. Ardunio void setup ve void loop ekran görüntüleri

3.3.1. Void Setup

Void Setup, programı çalıştırdığınızda yeni bir proje üretmek için açılan ilk sayfada hazır bir şekilde karşınıza gelir. Bu bölümde bir fonksiyon tanımlanır. Bu fonksiyona değer atandığında bir sonuç alır ve alınan bu sonuç verileri sayesinde gelen bilginin denetlenip değerlendirilmesi için bir sonraki adıma atamasını sağlar. Bu fonksiyon (Void setup) Arduinoya güç verildiğinde sadece bir kez çalışır. Sonraki bölüm loop fonksiyonuna geçer. Eğer enerji kesilip geri verilirse yani reset butonuna basılırsa tekrar çalıştırılır. Sadece tek sefer çalıştığı için bu bölümde kartın neler yapacağı, hangi pinlerin giriş hangi pinlerin çıkış bilgilerini barındırır. Genelde pinlerin nasıl çalışacağının belirlenmesi gibi sadece başta bir sefer yapılması gereken işlemler ve seri bağlantı başlatılması burada yazılarak anlatılır.

Pinlere değişken belirleme ya da isim takma işleri bu bölüm çalışmadan yapılamaz. Bu çalışmada Void setup ile veri girişleri, gaz ölçümleri ve programın neleri denetliyeceği tanımlanmıştır.

3.3.2. Void Loop

Void setup bölümünün bir defa çalışmasının ardından sürekli çalışan kısımdır. Void loop sürekli değer almak istediğimiz gaz sensörünün ölçümlerini ve bunların işlenmesini, veri alışverişı ile birlikte pinin aktif ve pasif (1-0 durumu) duruma geçirilmesi gibi kodları barındırır (Şekil 6). Ayrıca, ölçülen gazın ortam için tehlike arz etmesi durumunda hangi komutların verileceği, işleyişin nasıl olacağı, haberleşmenin nasıl olacağı ve verilerin internet sitesine nasıl gönderileceği Void loop üzerinden kontrol edilir.

3.4. Sensörler

Elektrik devrelerinin üzerinden geçen akıma bağlı digital ve analog veriler sensörler vasıtasıyla elde edilir. Elde edilen veriler arduunionun void loop kısmında belirtilen gaz konsantrasyon değerinin üstünde ve altında ise Arduinio'ya gelen veri vasıtasıyla sensörler istenilen işin sonucunu gösterir.

Kullanılan sensörün (MQ135) direncinden geçen akım değerlerine göre kendini kalibre ettikten sonra gaz konsantrasyon değeri eşik değeri aralığında ise Arduunionun komut verilen ışıklarını yakıp hazır olduğunu göstermektir. Eğer eşıği geğtiyse yapması gerekenler bilgisayar ekranındaki grafikte pik değeri yapıp sesli ve görsel işaret vermek olacaktır.

3.4.1. Gaz Sensörleri

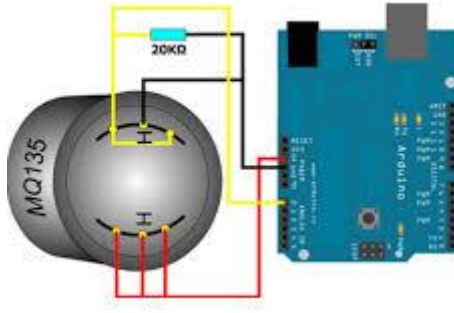
Gaz sensörleri ortamdaki CO₂, CO, CH₄ vd. gazlarının yoğunluğunu belirlemek için kullanılmaktadır. Sensörler saptanacak gazın kalibrasyonuna bağlı olarak orantılı bir elektriksel ısı değişiminden dolayı tepki verirler. Fakat ölçülen gazın ortamdaki yoğunluğu önceden belirtilmiş sınır değerlerini geğerse sensor üzerinden geçen voltaj değişerek gaz yoğunluklarına göre tespitlerde bulunulur. Yeraltı kömür ocaklarında karşılaşılan gazların tespitinde kullanılan sensörler Tablo 1'de gösterilmiştir.

Tablo 1.

Yeraltı madenciliğinde kullanılan gaz sensörleri (<https://www.robotistan.com/>,2020)

sensörler	Algılar	Isıtıcı Gerilimi
MQ-2	Metan, Bütan, LPG, duman	5V
MQ-3	Alkol, etanol, duman	5V
MQ-4	Metan, CNG Gazı	5V
MQ-5	Doğalgaz, LPG	5V
MQ-6	LPG, bütan gazı	5V
MQ-7	Karbonmonoksit	Alternatif 5V ve 1.4V
MQ-8	Hidrojen gazı	5V
MQ-9	Karbon Monoksit, yanıcı gazlar.	Alternatif 5V ve 1.4V
MQ131	Ozon	6V
MQ135	Hava Kalitesi (Benzen, Alkol, Duman)	5V
MQ136	Hidrojen Sülfür gazı	5V
MQ137	Amonyak	5V
MQ138	Benzen, Toluen, Alkol, Aseton, Propan, Formaldehit gazı, Hidrojen	5V
MQ214	Metan, Doğalgaz	6V
MQ216	Doğal gaz, Kömür gazı	5V
MQ303A	Alkol, etanol, duman	0.9V
MQ306A	LPG, bütan gazı	0.9V
MQ307A	Karbonmonoksit	Alternatif 0.2V ve 0.9V.
MQ309A	Karbon Monoksit, yanıcı gazlar	Alternatif 0.2V ve 0.9V
MG811	Karbondioksit (CO2)	6V

Bu tez çalışmasında kullanılan sensör MQ135'tir. Görevi ortamın hava kalitesindeki değişimleri ölçüp bir tehlike durumunda çalışanları görsel ve işitsel olarak uyarmaktır (Şekil 7).



Şekil 7. MQ135 gaz sensörünün görseli

3.5. Komponentler

Komponentler çeşitli devre elemanlarıdır. Arduino'dan gelecek verilere göre çalışırlar. Bu komponentler; joystick, mikrodenetleyici, buzzer/hoparlör, transistör, led, ekran, kondansatör, direnç, entegre voltaj regülatörü diyot vb. şeklindedir. Bu çalışmada komponent olarak led ve buzzer kullanılmıştır. Kullanılan led'ler vasıtasıyla görsel olarak ortamın tehlikeli olup olmadığı ve sistemin çalışıp çalışmadığı kontrol edilmektedir. Aynı anda tehlike durumunda buzzer'dan da işitsel uyarı alınabilmektedir. Gerekli yerlerle internet üzerinden haberleşmenin sağlanması için WiFi modülünden yararlanılmakta olup bu modül gayet seri ve hızlı çalışmaktadır.

3.5.1. Led ve Buzzer

Çalışmada akıllı barete monte edilecek olan gaz sensöründe, ortam havasındaki tehlikeli durumlara karşın çalışanların uyarılması için görsel ve sesli uyarıların elde edilmesinde sırasıyla rgb led'i ve buzzer komponentleri kullanılmıştır (Şekil 8).



a)

b)

Şekil 8. Akıllı barete takılan cihazda kullanılan buzzer ve led. a) Buzzer, b) RGB led

Buzzer kendinden dirençli ses çıkış kartı olup gerekli melodi notalarını voltaj ayarı ile çıkarabilmektedir. Rgb led ise mavi, kırmızı ve yeşil renkleri verilen komutlarla tek kartta yansıtılabilmektedir.

3.6. Kablosuz Haberleşme WiFi

Ardunio'nun veri haberleşmesinin yapıldığı bu bölümde Esp8266 kullanılmıştır. Esp8266 internete bağlanabilir ve internet sayfasındaki veri takibinin istenilen aralıklarla görünmesini sağlar. 50 kuruştan bile daha ucuz olması avantajı ile kolaylıkla cihazımıza monte edilebilmiştir (Şekil 9).



Şekil 9. ESP8266 arduino modülü

ESP8266 WiFi Serial Transceiver kartı oldukça kullanışlı ve ekonomik bir WiFi kartıdır.

Dahili bir anteni vardır. Bu sayede ortamdaki ekstra antene ihtiyaç yoktur ve WiFi ağlarını rahatlıkla görebilir ve veri haberleşmesi başlatabilir. ESP8266 kartı; 802.11 b/g/n desteği, WiFi Direct (P2P) Desteği, Dahili TCP/IP protokol yığını, Kaçak akım < 10uA, STBC, 1x1 MIMO, 2x1 MIMO, SDIO 1.1/2.0, SPI ve UART desteği, Dahili düşük güç tüketimine sahip 32-bit'lik işlemci, Uyanma ve veri paketi alma süresi < 2ms, Stand-by durumunda güç tüketimi < 1mW gibi teknik özelliklere sahiptir (“ESP8266 WiFi”, 2020).

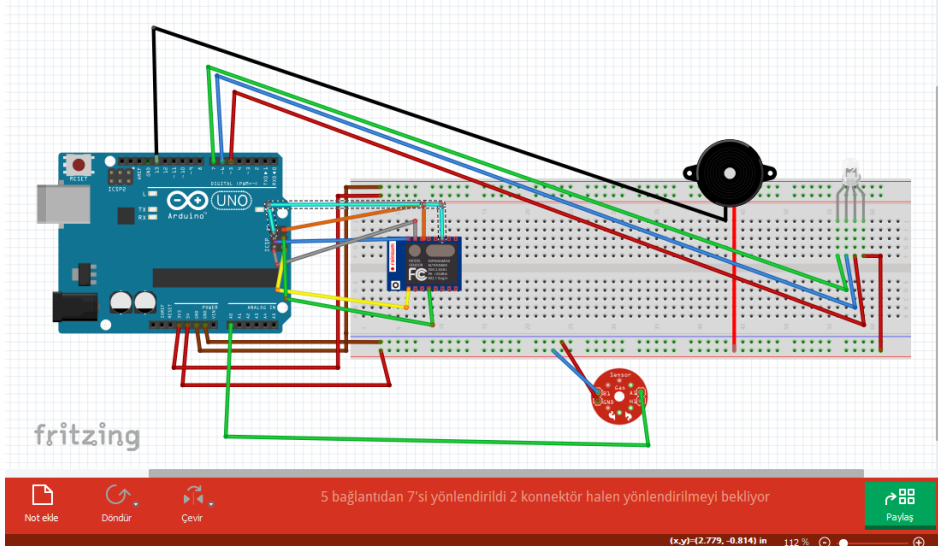
3.7. Gaz Ölçüm Cihazının Kurulumu ve Kullanımı

Bu çalışmada, yazılan kodlar sayesinde ortamdaki gaz yoğunluğunun normal hava kalitesinden uzak olup olmadığı görsel ve işitsel alarmlarla takip edilmektedir. Ortamdaki bütan, metan gibi zararlı gazlar belli bir eşik değerinin üstüne çıktığında cihaz alarm vermekte ve internet üzerinden takibi mümkün olmaktadır. Veriler bir internet sayfasına yönlendirildiğinden takibi kolay olmasının yanı sıra herhangi bir tehlikeli durum oluştuğunda sağlık ekiplerinede haber vererek onların hızlı bir şekilde olay yerine ulaşmasına sağlar.

Bu çalışma kapsamında geliştirilen cihazda en önemli kısım arduino'dur. Bu cihaz sayesinde gerekli parçalar şemadaki düzene uygun olarak birleştirip doğru kodlar yazıldığından istenilen sonuçlar internetteki <https://thingspeak.com/> sayfasından takibi edilebilmektedir (Şekil 10).



Devrenin kurulumu oldukça basittir, programda yazılan giriş ve çıkış pinleri tanımlanır ve bu pinler elektronik bağlantı bilgileri ışığında uygun şekillerde bağlanır (Şekil 11).



Şekil 11. Fritzing programı yardımıyla devre şemasın oluşturulması

Ardunio programlamak için gerekli yazım dilini bilmek gerekir. Gerekli yazım dili C++ komutlarıyla kullanılan modülün WİFİ kütüphanesi çağırılır.

```
#include <SoftwareSerial.h>
```

Bu kütüphane WİFİ haberleşmesi için lazım olan kodları tanımlar. Sonra kullanacak sitenin İP adresi de yazılır. Bu haberleşme için önemlidir (Şekil 12).



Şekil 12. Pin tanımları için yazılan kodlar.

```
String ip = 184.106.153.149.162; //Thingspeak sitesinin adresi
SoftwareSerial esp(10, 11); //Seri haberleşme pin ayarlarını yapılması.
String agAdi = "TurkTelekom_TF3E0"; //Ağımızın adının yazılması.
String agSifresi = "....."; //Ağımızın şifresinin yazılması.
nt rxPin = 13; //ESP8266 giden pini
nt txPin = 15; //ESP8266 gelen pini
```

Sensör pinlerinin tanımlanması için aşağıdaki kodlar yazılır ve sensör pinleri tanımlanır:

```
define sensör_pin -A3
define buzzer_pin- 12
RGB LED'in çıkış pinlerini tanımlanır:
defin lEd_r- 6
defin lEd_g -5
defin lEd_b -7
```

Sensörün çalışabilmesi için gerekli ön ısınma süresi 7sn olarak belirlenmiştir.

```
defin preat_time-7000
```

Alarmin çalması için sınır değeri 200 olarak ayarlanmıştır.

```
defin thrhold--200
```

Pinler ve değerler girildikten sonra bir kere çalışmak üzere void setup kısmı yazılmıştır (Şekil 13).

```
wifi_gaz_es8266 | Arduino 1.8.9
Dosya Düzenle Taslak Araçlar Yardım

wifi_gaz_es8266 $
void setup() {

  Serial.begin(9600); //Seri port ile haberleşmemizi başlatıyoruz.
  Serial.println("Started");
  esp.begin(115200); //ESP8266 ile seri haberleşmeyi başlatıyoruz.
  esp.println("AT"); //AT komutu ile modül kontrolünü yapıyoruz.
  Serial.println("AT Yollandı");
  while (!esp.find("OK")) { //Modül hazır olana kadar bekliyoruz.
    esp.println("AT");
    Serial.println("ESP8266 Bulunamadı.");
  }
  Serial.println("OK Komutu Alındı");
  esp.println("AT+CMODE=1"); //ESP8266 modülünü client olarak ayarlıyoruz.
  while (!esp.find("OK")) { //Ayar yapılana kadar bekliyoruz.
    esp.println("AT+CMODE=1");
    Serial.println("Ayar Yapılıyor....");
  }
  Serial.println("Client olarak ayarlandı");
  Serial.println("Aga Bağlanılıyor...");
  esp.println("AT+CWJAP=\"" + agAdi + "\",\"" + agSifresi + "\""); //Ağımıza bağlanıyoruz.
  while (!esp.find("OK")); //Ağa bağlanana kadar bekliyoruz.
  Serial.println("Aga Bağlandı.");
  delay(1000);
  { pinMode(buzzer_pin, OUTPUT);
    pinMode(lEd_r, OUTPUT);
    pinMode(lEd_g, OUTPUT);
    pinMode(lEd_b, OUTPUT);
    //Varsayılan olarak LED'in sönmük kalmasını sağlıyoruz
```

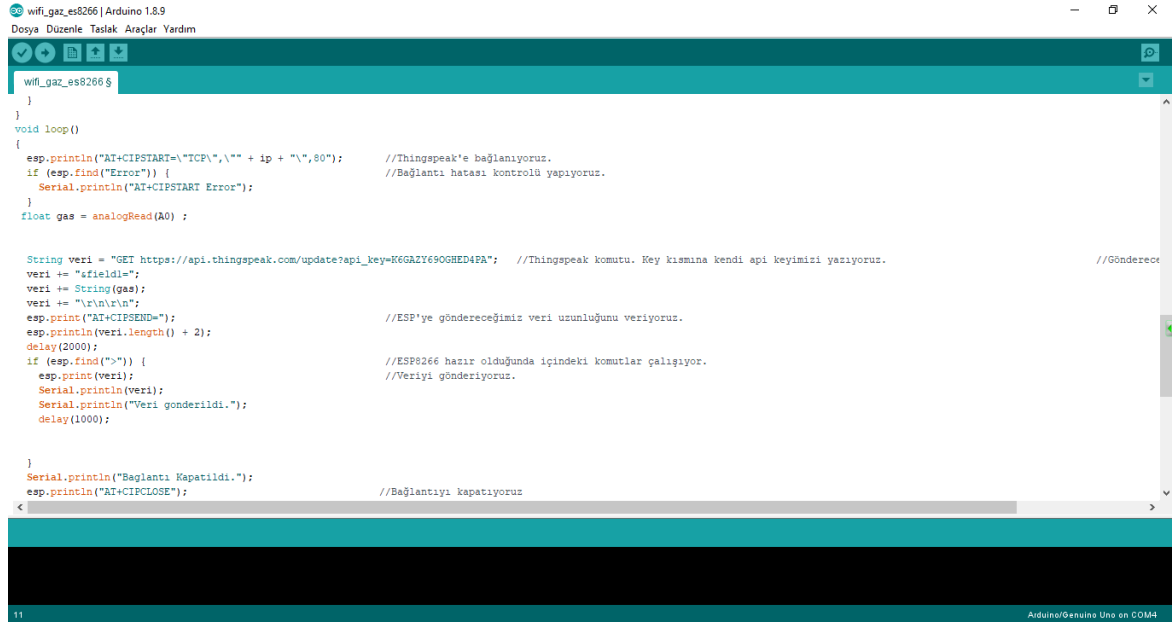
Şekil 13. Void setup

```
void setup() {
```

haberleşmenin başlatılması seriala begin

WiFi modulünün internete bağlı olması ve sensörlerin hangi seviyede alarm vereceği programda yazılır. Hazır olduğunda gerekli ledler yanarak çalışma başlatılır. Bu işlem tek sefer çalışır.

Void setup tamamlandıktan sonra sistemin void loop döngüsü çalıştırılır (Şekil 14).



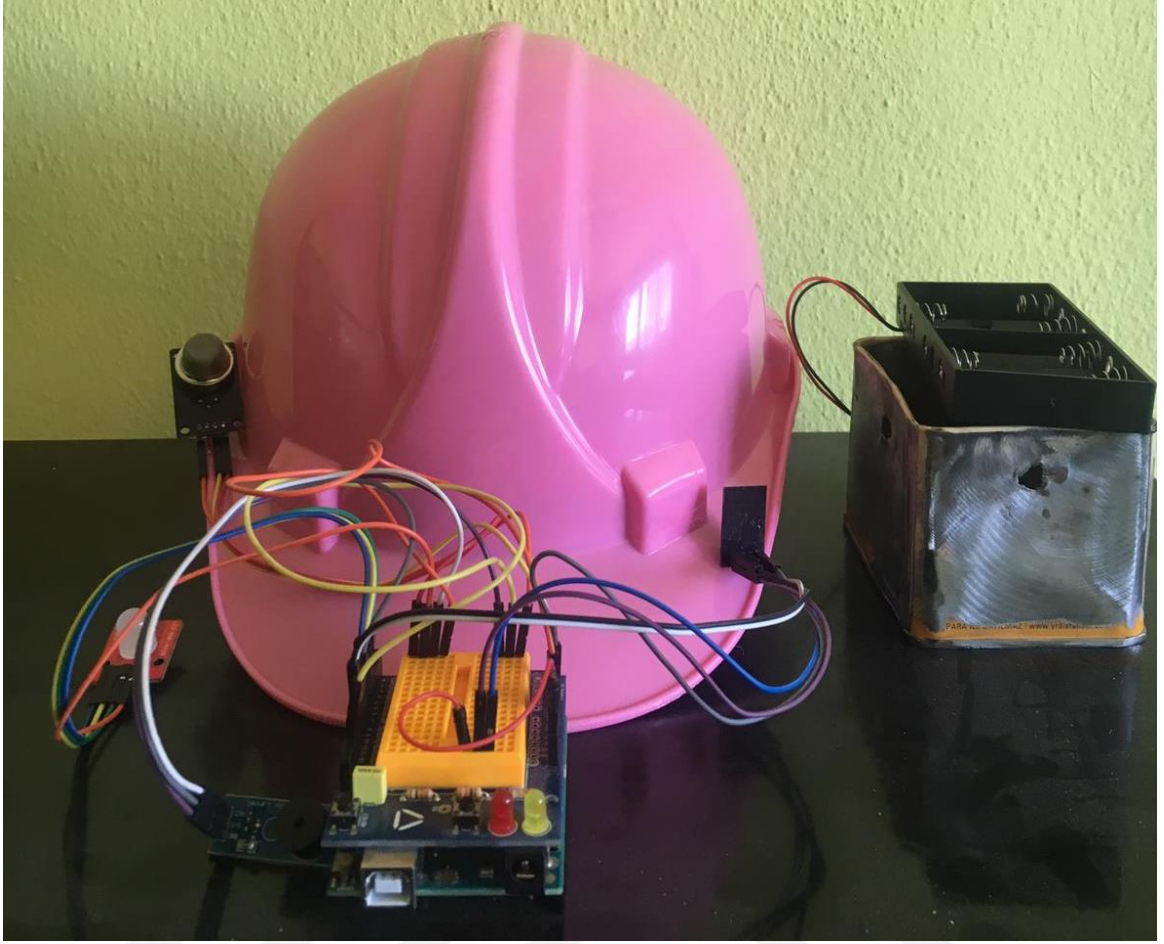
```
wif_gaz_es8266 | Arduino 1.8.9
Dosya Düzenle Taslak Araçlar Yardım

wif_gaz_es8266 $
}
void loop()
{
  esp.println("AT+CIPSTART=\"TCP\", \"\" + ip + "\",80"); //Thingspeak'e bağlanıyoruz.
  if (esp.find("Error")) { //Bağlantı hatası kontrolü yapıyoruz.
    Serial.println("AT+CIPSTART Error");
  }
  float gas = analogRead(A0);

  String veri = "GET https://api.thingspeak.com/update?api_key=M6GAZV690GHED4PA"; //Thingspeak komutu. Key kısmına kendi api keyimizi yazıyoruz. //Gönderce
  veri += "&field1=";
  veri += String(gas);
  veri += "\r\n\r\n";
  esp.print("AT+CIPSEND="); //ESP'ye göndereceğimiz veri uzunluğunu veriyoruz.
  esp.println(veri.length() + 2);
  delay(2000);
  if (esp.find(">")) { //ESP8266 hazır olduğunda içindeki komutlar çalışıyor. //Veriyi gönderiyoruz.
    esp.print(veri);
    Serial.println(veri);
    Serial.println("Veri gönderildi.");
    delay(1000);
  }
  Serial.println("Bağlantı Kapatıldı.");
  esp.println("AT+CIPCLOSE"); //Bağlantıyı kapatıyoruz
}
```

Şekil 14. Void loop'un çalıştırılma döngüsü ekran görüntüsü.

Yukarıdaki adımlar sonrasında devrenin kod yazma işlemi bitmiştir. Artık internet sitesi üzerinden takibi mümkündür. Devre kurulduktan sonra ister pille (dc akımı ile) ister adaptör ile çalıştırılabilir. Cihaz taşınabilir olacağından pille çalıştırılması tercih edilmiştir (Şekil 15).

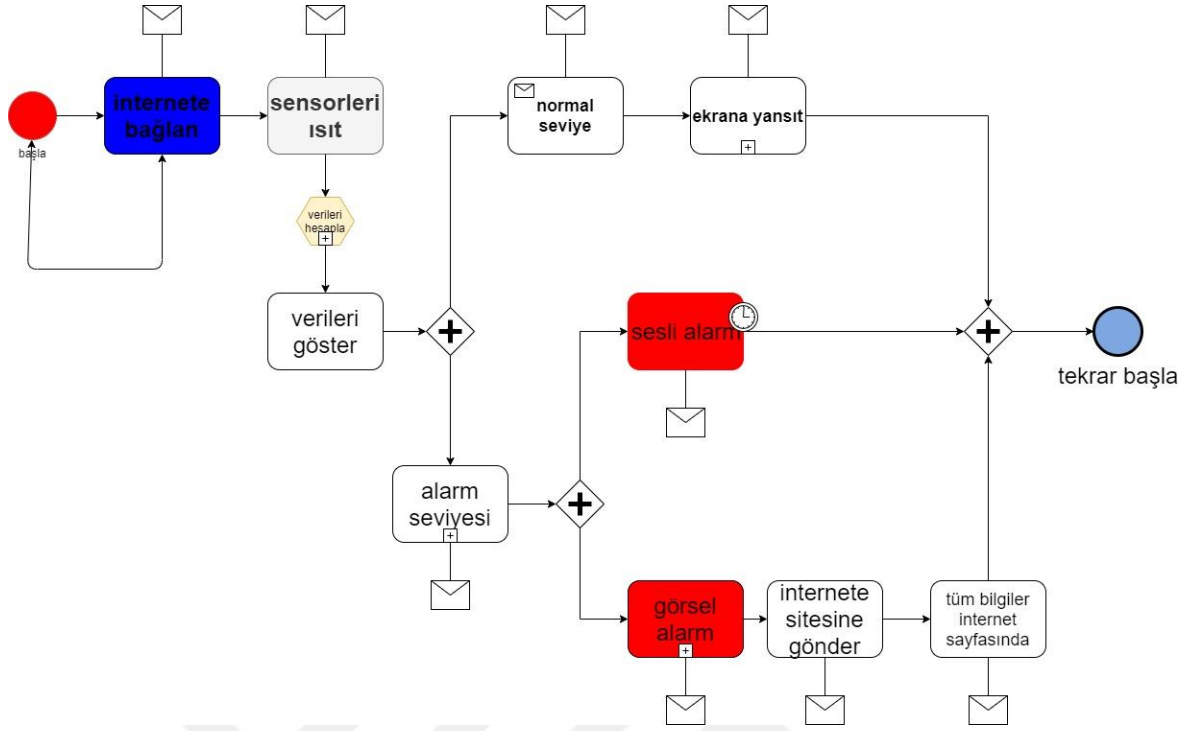


Şekil 15. Geliştirilen cihazın gerçek boyuttaki görünümü

Geliştirilen cihaz rahatlıkla baretlerin üstüne monte edilebilir. Boyutları oldukça küçük ve hafif bir cihaz oluşu nedeniyle kullanım kolaylığı sağlar. Değişebilir pili ve şarj etme imkânı vardır. Baret üzerine monte edildiğinde çok hafif olması nedeniyle barette önemli bir ağırlık yaratmaz. Cihaz darbelere karşı korunması amacıyla metal bir kutu içine monte edilmiştir.

3.8. Geliştirilen Cihazın Çalışma Akış Diyagramı

Bu tez kapsamında geliştirilen gaz sensör cihazı ve yazılımı Şekil 16’da verilen akış diyagramına uygun olarak devreye girerek çalışmaktadır.



Şekil 16. Geliştirilen cihazın çalışma akış diyagramı

Cihaz öncelikle internete erişim sağlayacaktır. Sensörle ısıtılıp internet sağlandığında ledler tarafından uyarı verecektir. Eğer zararlı bir gaz artışı veya az oksijen seviyesi oluştuğunda işitsel ve görsel alarmla devreye girecektir.

BÖLÜM 4

ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

4.1. Geliştirilen Cihazın ve Diğer Cihazların Deneysel Verileri

Bu tez çalışması kapsamında yeraltı madenlerinde çalışma ortamlarında hava kalitesindeki değişimlere, yani gaz tehlikelerine karşı çalışanları tehlikelere karşı korumaya ve kazaları minimuma indirmeye yönelik olarak geliştirilen gaz sensörü ile donatılmış bir prototip cihaz geliştirilmiş ve proglama yapılmıştır. Baret üzerine monte olarak çalışacak cihazla yeraltı madenlerinde çalışanların kişisel maruziyetleri gözönüne alınarak onların yeraltında gittiği her noktada maruz kalabileceği tehlikelere karşı korunması sağlanmış olacaktır. Normalde yeraltı madenlerinde kişisel maruziyetten daha çok gazlara karşı toplu koruma yöntemleri uygulanmaktadır. Yeraltında gazın cinsine bağlı olarak ocak içerisinde Şekil 17’de görüldüğü üzere gaz sensörleri asılarak ortam havasındaki gazlar takip edilmektedir. Bu durum geliştirilen cihazın kazalar ve insan sağlığı için ne kadar önemli olduğunu göstermektedir. Geliştirilen prototip cihazın çalışma parametrelerinin ve doğru ölçüm yapıp yapmadığının kontrol edilmesi için Çanakkale ili Çan ilçesinde faaliyet gösteren Kalan Madencilik firmasının yeraltı kömür ocağında deneysel çalışmalar yapılmış ve ocakta kullanılan mevcut cihazlarla karşılaştırılması yapılmıştır.

Kömür ocağında kullanılmakta olan Trolex marka gaz sensör cihazları yüksek maliyetli olup yedek parça sıkıntısı vardır. Ayrıca, teknik servisinin yurtdışı kaynaklı olması da bu cihazları dezavantajlı yapmaktadır.



Şekil 17: Çanakkale Kalan Madencilik firmasında kömür madenciliğinde kullanılan gaz ölçüm cihazları

Şekil 17’de kömür ocağında 4 farklı cihazın gaz ölçümleri için kullanıldığı görülmektedir. Bu cihazlar karbonmonoksit, karbondioksit, oksijen ve metan gazlarını ölçmek için kullanılmaktadır. Bu tez çalışmasında geliştirilen gaz sensörü MQ135 ile yukarıdaki gazların hepsi tek bir cihaz aracılığıyla ölçülebilmektedir. Madende kullanılan gaz ölçüm cihazları bacaya yakın yerlere yerleştirilmekte ve sabit halde durmaktadır. Ayrıca gaz ölçümü için el cihazlarından da yararlanılmaktadır.

Madene ait ocaklarda ocak atmosferinin izlenmesi için konumlandırılmış, Trolex model ve alev sızdırmaz özellikte 87 adet metan, 23 adet karbon monoksit, 7 adet hava hızı ve 7 adet sıcaklık sensörü olmak üzere 114 sensör mevcuttur.

Kalan Madencilik Müessesinde gaz izleme istasyonunda ocak içi atmosfer sorumlu yetkili tarafından ve canlı yayın yapan kamera sayesinde bilgisayar ekranından sürekli olarak izlenmektedir. Beklenmeyen herhangi bir olayda ocak içinde sorumlu amir ve çalışan personeller bilgilendirilmektedir.

Bu işletmede sık sık kalibrasyon sağlanmaktadır. Merkezi gaz izleme sistemleri, Kalan Madencilik İş Güvenliği ve Eğitim Daire Başkanlığı tarafınca hazırlanan Tablo 2’deki gibi yürütülmektedir (Trox marka gaz sensörü, 2020).

Tablo 2.

Kalan Madencilik İşletmesinde kullanılan sensörlerin teknik bilgileri (Trox marka gaz sensörü, 2020)

Sensör Tipi ve Modeli	Temel Fonksiyonlar	Çalışma Sıcaklığı Aralığı (°C)	Ölçüm Aralığı
Metan (MPS-11D-NG)	Ölçüm	-20 / +50	0-100 %
Karbon monoksit (MPS-06-NG)	Sonuçları dijital ekranda gösterme	-20 / +50	0-50 ppm
Hava Hızı (MPS-02-NG)	Alarm	-20 / +50	0-20 m/s
Basınç (MPS-08-NG)	Komünikasyon	-20 / +50	100-1100 mbar
Sıcaklık (MPS-03-NG)		-20 / +50	-20 / +100°C

Geliştirilen cihazla elde edilen veriler (cihaz tarafından ölçülen akım değerleri) gerekli kalibrasyonlar yapıldıktan sonra matematiksel ifadelerle ile ppm formatına dönüştürülmektedir.

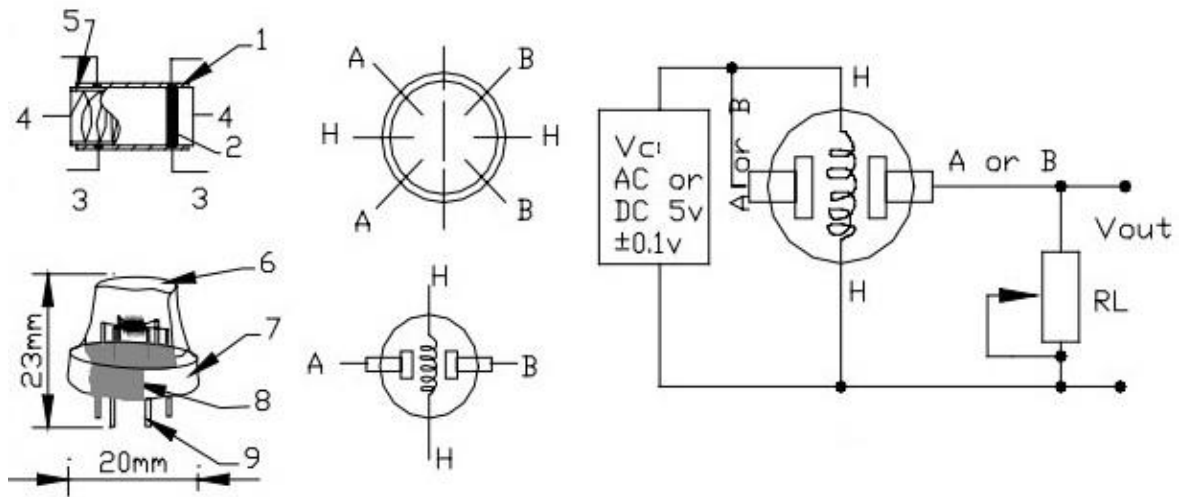
4.1.1. Geliştirilen Cihazın Ölçüm Tekniği

Bu çalışmada kullanılan MQ135 gaz sensörlerinin temel özelliği termal iletken sensörler olmasıdır. Ortamdaki havadan algılanacak olan gazın termal iletkenlik katsayısının karşılaştırılmasına göre gaz çeşidi algılanmaktadır. Sensörün içinde bulunan platinyum tel veya ısıtılmış termistör referans görevi görür. Çalışma alanındaki gazın ısı iletkenlik katsayısına göre referanstan düşük olması durumunda gazın ısısı yükselir. Çalışma alanındaki gazın ısı iletkenlik katsayısına göre referanstan fazla ise gazın ısısı düşer. Isıl iletkenlik katsayısına göre ısı değişiklikleri sensörün içindeki elektrik devresindeki eşdeğer direnci değiştirir. Sensör bu şekilde ortamdaki gazı algılar. Havadaki oksijen, karbonmonoksit, azot, toulon, metan vb. gibi gazların yoğunluklarının hesaplanması gerekmektedir. MQ135 gaz sensörü hava kalitesini ölçmekte kullanılan sensör türüdür.

Havadaki metan gazına daha çok hassasiyet duyduğu için yanıcı veya yakıcı gazları daha çabuk algılar ve dirençteki gerilim miktarlarını algılayarak bu değişen gerilimlerin direnç üzerindeki etkisi gerekli ppm seviyesindeki gösterimi aşağıdaki denklemler sayesinde ve gerekli kod (yazılım) işlemleri sayesinde gerçekleşir.

Bu tez çalışmasında kullanılan MQ135 hava kalite sensörü hızlı tepki ve yüksek hassasiyete sahip, kararlı ve uzun kullanımlar için dayanıklıdır. Yapısı üzerinde bulunan direnç sayesinde gaz yoğunluğunu algılamaktadır. Şekil 18’de MQ135’in basit olarak verilmiş çalışma devresi bölümleriyle beraber görülmektedir. Sensörün çalışabilmesi için 2 voltaj girişi bulunur. Bunlar, test voltajı (V_C) ve ısıtıcı voltajı (V_H) girişleridir. V_H sensöre sertifikalı çalışma sıcaklığı sağlarken, V_C sensörle seri halde olan yük direnci (R_L) üzerindeki voltajı (V_{RL}) tespit etmek için kullanılır. Sensörün ısı polaritesi (kutuplaşması) vardır. Bir transformatörün polaritesi bobin gerilimlerinin ani yönlerini belirtir ve bunun bilinmesi ile havada bulunan gazları ayırt etmekte kullanılır, V_C ucuna 5 voltluk gerilime ihtiyaç duyar. V_C ve V_H , sensörün performansını sağlamak için ön koşullu aynı güç devresini kullanabilir. Sensörün daha iyi performans göstermesi için uygun R_L değerine ihtiyaç vardır: Hassasiyet gövdesinin gücü (P_s) dir. Bu manuel olarak arkasında ki vidayı sıkarak ayarlanabilir. Sensörün direnci (R_s):

$$R_s = (V_C / V_{RL}^{-1}) \times R_L \text{ şeklinde hesaplanır}$$



Şekil 18. Basit MQ135 devre şeması (MQ135 kullanım kılavuzu, 2020)

Sensörün hassasiyet ayarları içinde, Y (dikey) ekseninde hesaplanan R_s/R_0 değeri, X (yatay) ekseninde ise ölçülen gaz konsantrasyonu görülmektedir (Şekil 19). Aşağıdaki grafik her bir gaz için üstel bir işlev fonksiyonunu gösterir, daha sonra X eksenini 10 ppm'den başlar ve 1000 ppm'de biter buna karşılık Y eksenini 0,1'den başlar ve 10'da biter. Şekil 19'daki grafik kullanarak sensor analog çıkışından ölçülen direnci okur ve veri sayfası tarafından (R_s / R_0) direnç değeri bulunur. Grafiği değerlendirmek için log-log eğim hesaplamadan yararlanılır. Log-log ölçeğindeki bir çizginin denklemi şöyle oluşturulmaktadır:

$$\text{Log}_{10} F(x) = m \log_{10} x + b \quad (1.1)$$

$$F(x) = x^m + 10^b \quad (1.2)$$

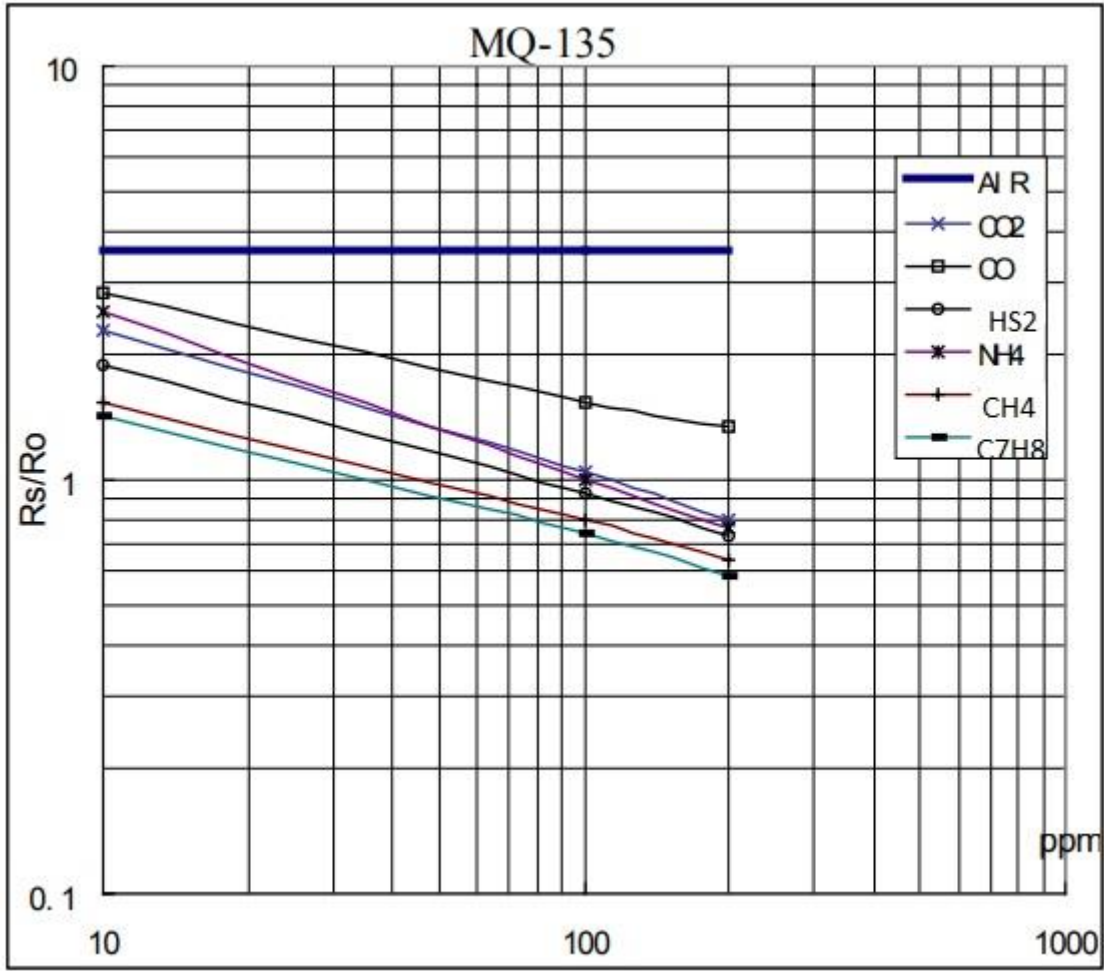
Bura a b kütük ve m eğim grafiğindeki kesişme noktasıdır.

Analize geri döndüğünüzde, eğimi hesaplayan ilk formül $m = (y_2 - y_1) / (x_2 - x_1)$ 'dir ancak grafiğimiz logaritmik bir fonksiyon olduğundan, sonraki aşama olarak logaritmik eğim bulma yasalarını uyguladığımız formülümüz $m = (\log y_2 - \log y_1) / (\log x_2 - \log x_1)$ ile m hesaplanır ve şu formüle uyarlanarak:

$$F_1 = F_0 / x_0^m x^m \quad (1.3)$$

Fonksiyonun eğimi (türevi) bulunduktan sonra aşağıdaki denklem eldedilir.

$$y = ax^b \quad (1.4)$$



Şekil 19. Gaz hassasiyet özellikleri (MQ135 kullanım kılavuzu, 2020)

Güç regresyonunu (R_s/R_0) kullanarak, gaz için ölçeklendirme faktörü (a) ve üstel faktörü (b) elde edilir (Denklem 1.4). Karşılık gelen konsantrasyonu hesaplamak için her iki parametre de kullanılır. Ayrıca sensörün kalibrasyonu için temiz hava ortamında (R_s) kararlı ve doğru okumalar yapılarak R_s 'ye karşılık R_0 ölçülerek bunlar aşağıdaki yazılımlarla hesaplatılır.

$$R_s = R_0 * \text{sqrt}(a/\text{ppm}, b)$$

Belirli bir gazın konsantrasyon kapsamı, R_s / R_0 sınırının hesaplanmasına yol açan veri sayfası kullanılarak 0,1-10 arasındaki limit değerler içinde tanımlanır.

$$R_s/R_0_{\text{limit}} = (\text{ppm}/a)^{1/b}$$

Son olarak, güç regresyonunu ve polinom eğrisini dönüştürmek için bir excel programı kullanılır. Ham değerler hesaplanan dirence dönüştürüldüğünde ve mikrodenetleyicinin matematiksel formülasyonunda rastgele bir R_0 değeri kullanılır. R_0 kalibrasyonu çok önemlidir, çünkü her MQ135 sensörü diğerinden farklıdır ve bireysel kalibrasyon gerektirir.

Arduino, gaz konsantrasyonu okuması için çok yararlı bir parametre olan analog değerde verileri değerlendirir. Bu veriler ppm (milyonda bir) değerlerine Arduino ile dönüştürülür. Her şeyden önce, analog değerlerin (0-1023) karşılık gelen voltaj değerlerine (Vout) (0-5V) dönüştürülmesi C++ yazımı ile aşağıdaki şekilde yapılır:

$$V_{out} = \text{AnalogValue} \cdot 5 / 1023$$

$$R_s = V_{cc} \cdot V_{out} - 1 \cdot R_L$$

$$R_s = 1023 \cdot \text{AnalogValue} - 1 \cdot R_L$$

Hassasiyet özellikleri MQ135 veri grafiğinden (Şekil 19) CO₂'e karşılık elde edilen veriler kullanılır. Bu ba güç fonksiyonu çıkarılan veriler için en iyi uyumu gösterir. Fonksiyon da a ve b sırasıyla ölçeklendirme ve üstel faktördür.

$$y = ax^b \quad (1.4)$$

$$\text{ppm} = a(R_s/R_o)^b$$

Excel kullanarak verilerdeki güç regresyon analizi, a ve b değerlerini şu şekilde verir:

$$a = 121.4517$$

$$b = -2.78054$$

Genel hassasiyet MQ135 tarafından tespit edilen tüm gazlar için kabaca aynıdır. CO₂, yaklaşık 400 ppm konsantrasyon ile dünya atmosferinde en bol bulunan dördüncü eser gazdır, bu nedenle normal bir atmosferde sensörün çoğunlukla CO₂ tespit ettiğini varsaymak güvenlidir. Sensörün ısınma süresinden (24-48 saat) sonra, R_o aşağıdaki denklem kullanılarak C++ yazımı ile kalibre edilir:

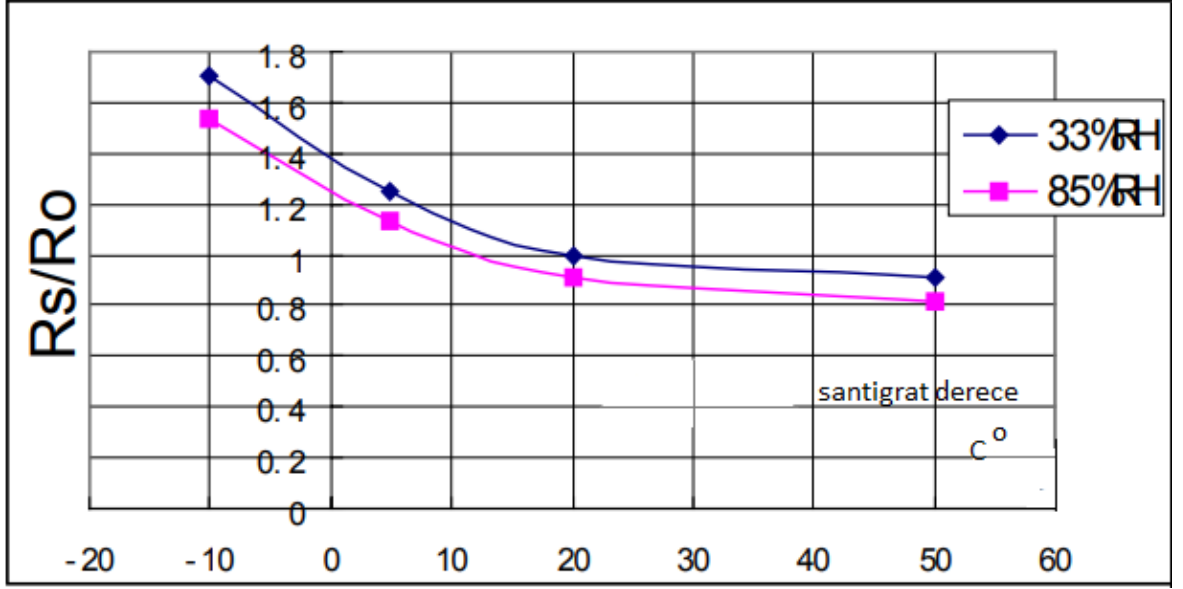
$$R_o = R_s \cdot \text{pow}(a/\text{ppm}, 1/b)$$

Önerilen model sıcaklık ve nemin MQ135 sensör işlevselliğine bağımlılığını içerir (Şekil 20). Bu parametrelerin MQ135 sensörünün işleyişine olan bağımlılığını aşağıdaki denklemi veren çoklu regresyon analizi kullanarak değerlendirilir:

$$R_s_{\text{ölçek_değer}} = 1.6979 - 0.012t - 0.00612h$$

$$\text{Düzeltilmiş } R_s = R_s / R_s_{\text{ölçek_değer}}$$

t ve h sıcaklık ve nem (% RH) parametreleri için ölçeklendirme faktörleridir. Düzeltilmiş R_s, sıcaklık ve nemin etkisi altında sensörün direncidir.



Şekil 20. MQ135 Rs/R0 değerlerinin nemli ortamda sıcaklığa bağlı değişim grafiği (MQ135 kullanım kılavuzu, 2020)

Şekil 20, MQ135'in sıcaklık ve neme olan tipik bağımlılığını göstermektedir. R₀:% 33 Bağıl Nem ve 20 derecede havada 100 ppm NH₃'te sensör direnci. R_s: farklı sıcaklık ve nemlerde 100 ppm NH₃'te sensör direncidir.

Ölçülen bu değerler sayesinde NH₃ havada ki yoğunluğunun belirlenmesi amacıyla belirlenen noktalarda temiz bir hava kalitesi değerleri saptanır, bağıl nem ve sıcaklık ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Hava konsantrasyonun çözümlemeleri Davis (1992) ve Picard vd. (2008) tarafından belirtildiği üzere eşitlikleri yardımıyla hesaplanmıştır.

$$\rho_a = (pM_a) / ZRT [1 - x_{(v)} (1 - M_v/M_a)] \quad (2.1)$$

Burada; t hava sıcaklığını (°C), T termodinamik sıcaklığı (°K) (273+t), P_a nemli havanın yoğunluğunu, Z sıkıştırılabilirlik faktörünü ve R molar gaz sabitini (Jmol⁻¹K⁻¹), p barometrik basıncı (P_a), M_a kuru havanın molar kütlelerini (gmol⁻¹), M_v suyun molar kütlelerini (gmol⁻¹), x_v su buharının molar fraksiyonunu göstermektedir. Denklem 1.4'de kullanılan Ma değeri genellikle sabit olarak kabul edilmektedir. Bunun yanı sıra, suyun mol fraksiyonu (x_v) doğrudan ölçülmemekte, ya yoğunlaşma noktası sıcaklığının ya da bağıl nemin (h) ölçülmesi ile hesaplanmaktadır. Her iki farklı durumda da nemli havanın doymuş buhar basıncının (p_{sv}(t)) değerinin bilinmesi gereklidir. Bu hesaplama Denklem 2.2 kullanılarak yapılmaktadır.

$$p_{sv}=1P_a \times \exp(AT^2+BT+C+D/T) \quad (2.2)$$

x_v 'nin bulunması için ayrıca, Denklem 2.1'te verilen geliştirme faktörü (f) de gereklidir

$$f=s+bp+gt^2 \quad (2.3)$$

Bu eşitlikte α , β ve γ sabit parametreleri, t ise sıcaklığı temsil etmektedir ($^{\circ}\text{C}$)
 p_{sv} ve f bulunduktan sonra Denklem 2.2 ve 2.3 kullanılarak Denklem 2.4 kullanılarak x_v hesaplanır.

$$x_v=hf(p,t).(p_{sv}(t))/p \quad (2.4)$$

Bu eşitlikte, h bağıl nemi temsil etmektedir. Formülde kullanılan bağıl nem $0 \leq h \leq 1$ aralığındadır. Bu yüzden, %42'lik bir enstrümental değer $h=0.53$ olarak ifade edilmektedir. Son olarak, sıkıştırılabilirlik faktörü, Z, ise Denklem 2.4 yardımıyla hesaplanabilir.

$$Z=1-P/T [a_0+a_1+a_2 t^2+[(b_0+b_1 t)x_v+(c_0+c_1 t)x_v^2]+P^2/T^2 (d+ex_v^2)] \quad (2.5)$$

Eşitlik 2.2, 2.3 ve 2.5'te kullanılan sabit parametrelerin ($a_0, a_1, a_2, b_0, b_1, c_0, c_1, d$ ve e) değerleri Giacomo (1982)'nin çalışmasında verilmektedir (Bingöl, 2018)

Sensörümüzden okunan değerleri C++ yazılım dili yardımıyla kod olarak yazdırılır;
`VL_MQ135 = analogRead(A7)*(5.0/1023.0);`
`Rs_MQ135 = ((5.0/VL_MQ135)-1)*(RL_MQ135);`
`rati_MQ135 = Rs_MQ135/R7_MQ135;`

Değişkenleri voltajla çarpıp belirlediğimiz sabit kalibresi ile çarpınca üzerinden geçen gerilim bize ppm cinsinden sonuçları gösterir. Bu sonuçları direk internet üzerinde herhangi bir cep telefonu ile bile kontrol edilebilir.

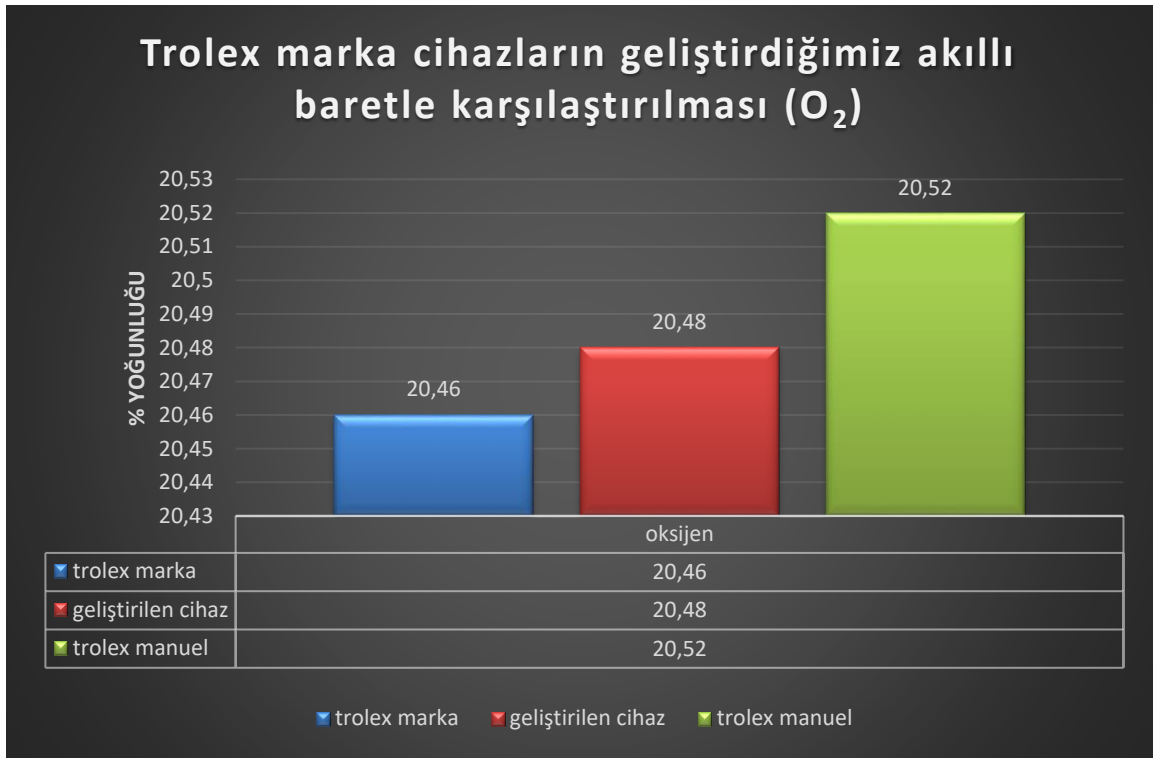
4.1.2. Geliştirilen cihazın trolex marka ile karşılaştırılması

Geliştirilen cihaz maden ocaklarında gaz ölçümlerinde kullanılan diğer cihazlar ile karşılaştırıldığında, geliştirilen cihazın portatif olması ve baret üzerine yerleştirilebilmesi önemli bir avantajdır. Bu avantajı sayesinde tehlikelere karşı kişiye özel koruma sağlar ve insanın bulunduğu her noktada tehlikeleri belirler. Ayrıca, tüm gazların tek bir cihazla

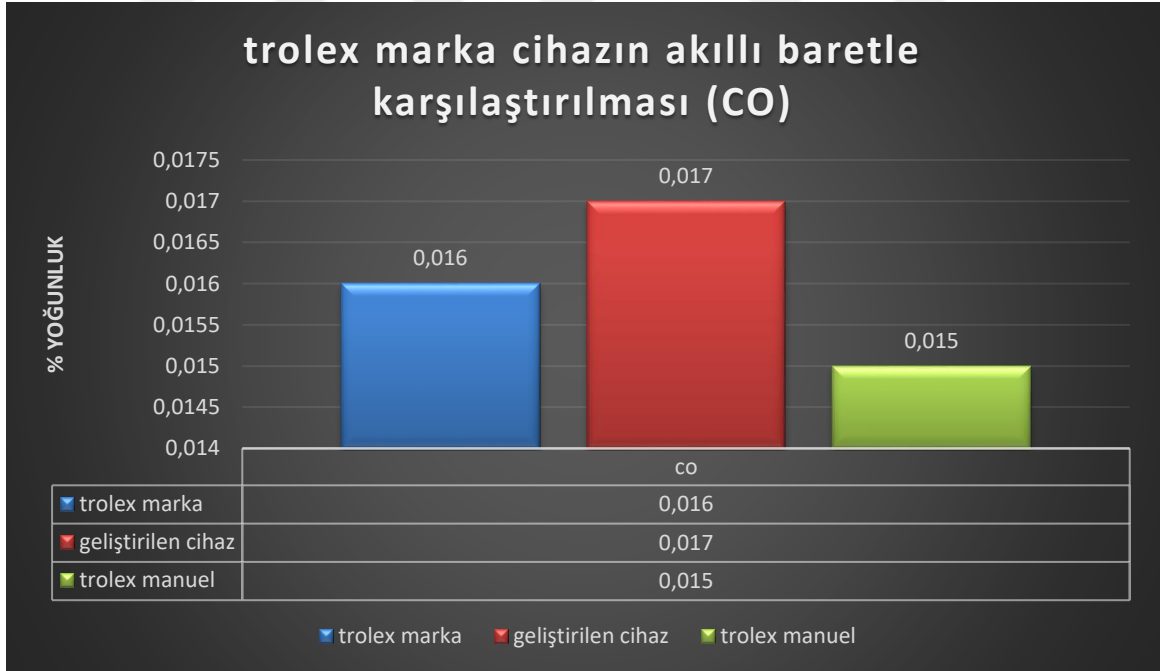
ölçülebilmesine imkân verebilmektedir. Arduino mikro denetleyicisi kullanılarak sensör 4 farklı gazı değerlendirip okuyabilmekte ve bu şekilde 4 sensörün yapması gereken iş tek bir sensör tarafından yapılmış olmaktadır. Maliyetinin diğer sensörlere göre daha düşük olması ayrıca kablosuz olarak ocak içerisindeki havanın her yerden takip edilebilmesi diğer bir avantajdır. Bu avantajı sayesinde de ocak içerisindeki tehlikeler hızlı bir şekilde belirlenerek tehlike arz eden noktalara ve burada çalışanlara daha hızlı bir şekilde müdahale edilebilme şansı verilmiş olmakta, maden ocaklarında can ve mal kayıplarına karşı koruma sağlanmış olmaktadır. Bunun dışında işverenler içinde koruyucu bir önlem cihazı olacaktır. Geleneksel cihazlarla ocak havasındaki gaz ölçümleri her bir gaz için ayrı ölçüm yapan bir cihazın bacalara yerleştirilmesi ile yapılmakta ve çalışanlar tehlikelere karşı korunmaktadır. Kör nokta olarak tabir edilen yerlerde veya insanın olduğu her noktada ölçüm yapılamaması dezavantajıdır. Ayrıca, bu cihazların kablolu olması da cihazdan elde edilen verilerin her taraftan takip edilmesine imkân vermemektedir.

Geliştirilen cihazın tek dezavantajı internete erişilemeyen bölgelerde kesintilerin olmasıdır. Budurumda uzaktan takip için alınan verilerin internet ortamına taşınmasını engelleyecektir. Bunun çözümü için ek bir internet sağlayıcı bulunabilir (taşına bilinen modem) veya mobil telefon veri paylaşımı ile sürdürülerek bu sorun ortadan kaldırılabilir. Hiçbir internet sağlayıcının olmadığı bir ortamda kablolu veri transferleri veya kablosuz veri transferleri ile bilgiler bir bilgisayar yardımıyla depolanabilir.

Geliştirilen cihazın hava kalitesini belirlemedeki doğruluğunun test edilmesi amacıyla yeraltı kömür madeninde kullanılan Trolex marka gaz ölçüm cihazlarıyla karşılaştırılması yapılmıştır. Ocak içerisinde firma tarafından gaz ölçümü sabit ve sorumluların herhangi bir tehlikeli durumda kullandığı hareketli elde taşınan trolex marka cihazlarla yapılmaktadır. Ocak içerisindeki hava kalitesinin ölçümü için ortamdaki O₂, CH₄, ve CO yoğunlukları bu üç farklı cihazla ölçülmüş ve elde edilen değerler Şekil 21 a, b ve c de üç gaz için karşılaştırmalı olarak verilmiştir. Şekillerden de görüldüğü üzere aynı anda ölçülen gaz değerleri yaklaşık olarak aynı değerleri vermektedir. Geliştirilen cihazın hava kalitesi ölçümü doğruluğu ispatlanmış cihazlarla aynı değerleri vermesi onun doğru ölçüm yaptığını göstermektedir. Hata payının %0.001- %0.002 aralığında olduğu tespit edilmiştir.



a) O₂



b) CO



c) CH₄

Şekil 21. Cihazların karşılaştırılması (a)O₂, b)CO, c)CH₄)

4.2. Geliştirilen Cihazın Maliyeti

Geliştirilen cihazda kullanılan malzemeler gayet kolay ulaşılabilir. Birçok internet sitesinden sipariş edilebilir. Yurtdışı kaynaklı sitelerde toplu bir şekilde satışı olduğundan daha ucuzdur.

Kullanımları oldukça basit ve diğer benzer cihazlar gibi maliyetli değildir. Birçok avantajı vardır her işinin yanında bulanacağından kör nokta kalmaz. Hiçbir ek beceri gerektirmez ve taşınabilirliği kolaydır. Geliştirilen cihazın maliyet unsurları Tablo 3'te sunulmuştur.

Tablo 3.

Geliştirilen cihazın tl (₺)ve dolar (\$) bazında maliyet tablosu 20/07/2020

Cihaz	Adet	Fiyat TL	Fiyat Dolar
Arduino UNO R3 (Klon)	1	39,02 ₺	5,70 \$
Erkek-Dişi Jumper Kablo	1	3,83 ₺	0,55 \$

ESP8266 WiFi	1	13,05 ₺	1,90 \$
3 Renkli RGB Led M	1	7,40 ₺	1,08 \$
Gaz Sensör Kartı - MQ135	1	14,80 ₺	2,16 \$
Breadboard Arduino UNO Kiti	1	12,45 ₺	1,81 \$
Ses Kartı - Buzzer Kartı	1	12,45 ₺	1,81 \$
	Ürünler toplamı =	94,66 ₺	13,83 \$
	Kargo ücreti=	8,90 TL	1,30 \$
	İşçilik=	15.00 TL	2,19 \$
	Toplam Görünmezlik (%20 ile)	153,56 TL	22,45 \$

Cihazın toplam maksimum maliyeti 153,56 TL'dir (22,45 \$). Görüldüğü üzere maliyeti düşük ve yerli üretimle yapılması mümkün olan bu cihaz sayesinde yurtdışına bağımlılık azaltılabilecek, ülke ekonomisine ve istihdamına katkı sağlanması mümkün olacaktır. Aynı zamanda, cihazın barete monte edilecek olması çalışanların bireysel olarak tehlikelere karşı korunmasını da sağlamış olacaktır.

Ayrıca yurt dışı kaynaklı cihazların kalibrasyon ayarı için ayrı bir ücret ve pili bittiğinde bile yenisini için sipariş etmek zorunludur. Geliştirilen bu cihazın tamamını yerli kaynaklarla seri üretimini yapmak mümkündür. Seri üretimde daha düşük maliyetler yakalanabilecektir.

BÖLÜM 5

SONUÇ VE ÖNERİLER

5.1. Sonuç

Bir yeraltı maden ocağında havanın hızı, yaş sıcaklığı, kuru sıcaklığı CO, CH₄ ve barometrik basınç değerleri önemlidir. Maden kazalarında ilgili tehlikelerin ve bu tür olaylara karşı alınacak önlemlerin anlaşılmasında temel değişkenlerdir. Bu yüzden doğru bir yöntemle ölçülmesi oldukça önemli ve hassasiyet gerektirir. Havanın kalitesi oldukça önemlidir, oluşabilecek zehirlenmelerin önüne geçilmek istenmektedir.

Bu tezde geliştirilen cihazla yeraltı maden ocaklarının zehirli gaz tehdidi ve hava kirliliği tehlikeleri ve riskleri saptanmakta ve dolayısıyla da alınabilecek önlemler arttırılabilmektedir. Geliştirilen cihazın MQ135 gaz sensörü ile CH₄, CO, O₂ ve CO₂ ölçümleri alınarak güvenilirliği test edilmiş ve kullanımda olan diğer bir cihaz ile karşılaştırılmıştır.

Geliştirilen cihazda Ardunio kartı bulunmaktadır. Bu kart Ardunio mikro denetleyiciye sahip bir elektronik geliştirme kartıdır. Ardunio'ya uyumlu Rgb led (ışık görseli) ve buzzer (ses), WiFi haberleşme kartı ve MQ135 hava kalitesi sensörü eklentileri kullanılmıştır.

Cihaz yeraltı maden ocaklarında oluşabilecek tehlikeli gazların çeşidi ve yoğunluğunu tespit etmek için gerekli kod yazım ve cihaz kablo bağlantıları yapılarak tamamlanmıştır. Çalışmada MQ135'in seçilme sebebi birçok gaz için ölçüm sonucu alabilmesi ve hızlı bir şekilde cevap verebilmesidir. MQ135'in içinde bulunan direncin ısıl iletkenliği sayesinde gaz yoğunlukları ve türleri ayırt edilebilmektedir. Tek bir direnç ve sensör ile CH₄, CO, O₂ ve CO₂ gazlarının ölçümleri yapılmıştır. Gaz yoğunluklarının ppm seviyesinde gösterimi için gerekli kodlar yazılarak sonuçlar elde edilmiştir.

Geliştirilen cihazdan elde edilen verilerle WiFi kartın haberleşmesi sağlanarak internet ortamında veriler saklanabilmektedir. Bu veriler gün saat tarih seçenekleriyle rapor haline getirilebilmektedir. Gerek bilgisayar ekranından gerekse cep telefonundan bu ölçülen sonuçlara erişim mümkündür.

Geliştirilen cihazımız istenilen mevzuata göre sınır değerlerini geçtiğinde görsel (rgb led) ve işitsel (buzzer) olarak alarm vermektedir. Tehlikeli bir gaz sızıntısı olduğunda baret üstüne kolaylıkla yerleştirdiğimiz bu cihaz hemen tepki verecektir, diğer cihazlar (maden içi trolex marka sensörler) sabit ve hava bacaları yolu üzerinde olacağına erken teşhis etmesi pek mümkün değildir. Kör nokta diye tabir ettiğimiz maden çıkarma aşamasında cihazımız

Çalışanların baretlerinin üstlerinde olacağından kr noktalar en aza indirgenmiş olmaktadır. Kr noktaların en aza indirgenerek ölçüm hassasiyeti artacağından daha az ölümlü vaka ile karşılaşılacaktır.

Cihaz sabit çalışabilir konuma getirildikten sonra cihaz çalışma ortamında bir kişiye takılarak çalışma ortamındaki kişinin hareketi ile birlikte hem kişiyi tehlikelere karşı uyarıp uyardığı kontrol edilmiş ve verilerin ana merkeze gelip gelmediğı kontrol edilerek çalışma ortamındaki hava kalitesi kontrol edilmiştir.

5.2. neriler

İSG çalışmalarında, çalışan personellerin yer altı maden işletmelerin negatif sonuçlarından ve oluşabilecek rahatsızlıklardan koruyarak, güvenli, rahat ve huzurlu bir ortamda çalışmalarının sağlanması hedeflenmektedir. İSG sağlanması sosyal dengeyi etkilediğınden, vatandaşların çeşitli kurum ve kuruluşlarını yakından ilgilendirir. Müesseselerde işçiler ve işveren, trafikte yayalar ve sürücüler, evlerde tüm aile bireyleri, İSG açısından i içedirler. İSG ile müessese sahipleri, manevi ve maddi çıkarları sebebiyle, çalışanlar, direk canları yanan kişilerdir.

Devlet ise her bir bireyin mutlu yaşamasını ve sağlığını düşünmek zorundadır. Bu yüzden yakından ilgilenmek durumundadır. Hem işvereni hem de devletin çıkarları göz önünde bulundurulduğunda yerli üretim daha ucuz olması dolayısıyla işverenleri sevindirecektir, üretim konusunda da Avrupa ve diğer ülkelere bağımlılığımız azalacaktır.

Bu tez çalışmasında geliştirilen cihazın projelendirilip seri üretimine geçilmesi için desteğe ihtiyaç vardır. Bir çok test ve geliştirilebilme imkanı ile ısı, sıcaklık, basınç, nem ölçüm sensörleri de takılıp geliştirilebilir. Ayrıca GPRS sistemi de eklenebilir, bir göçük altında kalan işçinin yerinin tespit edilmesi kolaylaşır. Bu tez çalışması birçok teknolojik materyallerin daha ucuz ve kullanışlı olarak hayatımıza geçmesi için öncülük yapacaktır.

KAYNAKLAR

- Andıç, A. ve Kılıç, A. (2015, Nisan). Yeraltı Maden Ocaklarında İç Hava Kalitesi. 12. *Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi – 8-11 NİSAN 2015/Izmir* Erişim adresi: http://www1.mmo.org.tr/resimler/dosya_ekler/ef635334edd4e92_ek.pdf
- Arslanhan, S. ve Cünedioğlu, H. E. (2010). Madenlerde yaşanan iş kazaları ve sonuçları üzerine bir değerlendirme [Öz]. *TEPAV (Türkiye Ekonomi Politikaları Araştırma Vakfı)*. Erişim adresi: https://www.tepav.org.tr/upload/files/1279030826-2.Madenlerde_Yasanan_Is_Kazalari_ve_Sonuclari_Uzerine_Bir_Degerlendirme.pdf
- Aydın, Y. ve Barış, K. (2015). Yeraltı kömür ocaklarında gaz izleme ağları sensör ölçümlerinin ve konumlarının doğruluğunun analizi: TTK Kozlu Müessesesi. *Bilimsel Madencilik Dergisi*, 54(2), 19-32, Haziran 2015 Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr>
- Bingöl, F. (2018). Rüzgar Enerji Sistemleri İçin Hava Yoğunluğunun Hesaplanması. *Politeknik Dergisi*, 21 (2), s.273-281. DOI: 10.2339/politeknik.385523
- Davis, R S, (1992). Equation for the determination of the density of moist air (1981/91), *Metrologia*, 29, 67-70.
- Demir, Ö. (2020). Cumhuriyet Döneminde Maden İşletmelerinde İşçi Haklarını Belirlemeye Yönelik Bazı Düzenlemeler (Ergani Bakır İşletmesi ve Ereğli Kömür İşletmesi Örnekleri). *MT Bilimsel*, (18), 43-54. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr>
- Ergüzen, A., Lüy, H. (2017). ERGÜZEN A, LUY H. İ (2017). Maden Ocaklarını Gerçek Zamanlı İzleme ve Görüntüleme Yazılım Uygulaması. *Uluslararası Mühendislik Araştırma ve Geliştirme Dergisi*, 9(2), 50 – 58 DOI: 10.29137/umagd.351743
- ESP8266 kablosuz haberleşme WiFi bağlantısı (2020, 5 Temmuz) Erişim adresi: <https://www.robotistan.com/esp8266-ekonomik-wifi-serial-transceiver-module>
- Farmer, D E, (1982). US patent on methane monitoring system, US4329870 A.
- Giacomo, P, (1981). Determination of the density of moist air, *Metrologia*, 1982, 18, 33-40.
- Goztepe, K. (2009) BÖLÜM7: Robotik Sensör Verilerinin R Ortamında Zaman Serisi Analizi, *R KULLANIMI ve UYGULAMALARI* (s. 31-38) içinde. Erişim adresi: <https://cdn.comu.edu.tr/cms/lee/files/114-apa->

[altikurallari.pdf#page=47&zoom=100,90,550](#)

Hoşten, G., Dalbay, N. (2018). Kapalı Ortam Hava Kalitesinin Ofis Ortamlarında İş Sağlığı ve Güvenliği Açısından Değerlendirilmesi. *Aydın Sağlık Dergisi*, 4 (2), 1-12. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/tr/pub/asder/issue/43459/530250>

Kanten, S. (2013). Çalışma Koşullarının Fiziksel - Psikolojik Sağlık Belirtileri ve İş Kazaları ile İlişkisi: Mermer Çalışanları Örneği - Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 4 (7), 155-167. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/tr/pub/makusobed/issue/19439/206756>

MQ Serisinin çeşitleri (2020, 8 Temmuz) Erişim adresi: <https://www.robotistan.com/>

MQ135 kullanım kılavuzu (2020, 8 Temmuz) Erişim adresi: <https://datasheetspdf.com/pdf/605076/Hanwei/MQ-135/1>

Özfirat, M. (2010). Robotik Sistemler ve Madencilikte Kullanımının Araştırılması. *TÜBAV Bilim Dergisi*, 2 (4), 412-425. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/tr/pub/tubav/issue/21517/230897>

Picard, A, Davis, R S, Glaser, M, Fujii, K, (2008). Revised formula for the density of moist air, *Metrologia*, 45, 149-155.

Süzen, A , Ceylan, O , Çetin, A , Ulusoy, A . (2017). Arduino Kontrollü Çizim Robotu . Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi , 8 (Özel (Special) 1) , 79-87 . Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/tr/pub/makufebed/issue/29469/314340>

Şentürk, A., Şentürk, Z., Şentürk, M., Çiftçi, M., Başer, E. (2016). Yeni Nesil Kablosuz Ağ Teknolojisi: Wimax Standardının İncelenmesi. *El-Cezeri Journal of Science and Engineering*, 3 (3) , 0-0 . DOI: 10.31202/ecjse.258571

Trolex marka gaz sensörün çalışma ortam kalibrasyonu (2020, 8 Temmuz) Erişim adresi: <https://www.trolex.com/products/gas-detection/fixed-gas-detection/tx6351-tx6352-sentro-1-gas-detector>

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı: Mustafa Utku TEMEL

Doğum Yeri: Balıkesir

Doğum Tarihi: 29.08.1989

EĞİTİM DURUMU

Lisans Öğrenimi: Ege Üniversitesi Fizik Bölümü

Yüksek Lisans Öğrenimi:

Bildiği Yabancı Diller: İngilizce

BİLİMSEL FAALİYETLERİ

a) Yayınlar -SCI –Diğer;

b) Bildiriler -Uluslararası -Ulusal;

Temel M. U. ve Çınar M. (2019) İş Sağlığı Ve Güvenliği İçin Hava Kalitesinin Önemi
Ve Teknolojik Ölçümleri 4. *ULUSLARARASI İSG KONGRESİ*/ANKARA s.52

Erişim adresi: <http://www.isguvenligivecalisansaqliqikongresi.org/profil.html>

Temel M. U. ve Çınar M. (2019) İş Sağlığı Ve Güvenliği İçin Hava Kalitesinin Önemi
Ve Teknolojik Ölçümleri 4. *ULUSLARARASI İSG KONGRESİ*/ANKARA s. 718

Erişim adresi: <http://www.isguvenligivecalisansaqliqikongresi.org/profil.html>

c) Katıldığı Projeler

İŞ DENEYİMİ

Çalıştığı Kurumlar ve Yıl:

İLETİŞİM

E-posta Adresi: mustafautkutemel@gmail.com

ORCID NO: 0000-0003-2276-5314