

T.C.  
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

HAVADAN HAFİF PATLAYICI GAZLARIN KAPALI  
ORTAMLARDA BİRİKME DAVRANIŞININ DENEYSEL OLARAK  
İNCELENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Özkan KARATAŞ

Yangın ve Yangın Güvenliği Anabilim Dalı

HAZİRAN 2023



T.C.  
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

HAVADAN HAFİF PATLAYICI GAZLARIN KAPALI  
ORTAMLARDA BİRİKME DAVRANIŞININ DENEYSEL OLARAK  
İNCELENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Özkan KARATAŞ

Yangın ve Yangın Güvenliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Doç Dr. Gökhan COŞKUN

HAZİRAN 2023



Özkan KARATAŞ tarafından hazırlanan “Havadan Hafif Patlayıcı Gazların Kapalı Ortamlarda Birikme Davranışının Deneysel Olarak İncelenmesi” adlı tez çalışması 16.06.2022 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği/oy çokluğu ile Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yangın ve Yangın Güvenliği Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

### Tez Jürisi

<b>Jüri Başkanı :</b>	<b>Unvan Adı SOYADI</b> Sakarya Üniversitesi	Prof. Dr. Serhad SOYHAN
<b>Jüri Üyesi :</b>	<b>Unvan Adı SOYADI (Danışman)</b> Sakarya Üniversitesi	Doç. Dr. Gökhan COŞKUN
<b>Jüri Üyesi :</b>	<b>Unvan Adı SOYADI</b> Kocaeli Üniversitesi	Doç. Dr. Ali TÜRKCAN



## **ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ**

Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Lisansüstü Eğitim-Öğretim Yönetmeliğine ve Yükseköğretim Kurumları Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Yönergesine uygun olarak hazırlamış olduğum “HAVADAN HAFİF PATLAYICI GAZLARIN KAPALI ORTAMLARDA BİRİKME DAVRANIŞININ DENEYSEL OLARAK İNCELENMESİ” başlıklı tezin bana ait, özgün bir çalışma olduğunu; çalışmamın tüm aşamalarında yukarıda belirtilen yönetmelik ve yönergeye uygun davrandığımı, tezin içerdiği yenilik ve sonuçları başka bir yerden almadığımı, tezde kullandığım eserleri usulüne göre kaynak olarak gösterdiğimi, bu tezi başka bir bilim kuruluna akademik amaç ve unvan almak amacıyla vermediğimi ve 20.04.2016 tarihli Resmi Gazete’de yayımlanan Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin 9/2 ve 22/2 maddeleri gereğince Sakarya Üniversitesi’nin abonesi olduğu intihal yazılım programı kullanılarak Enstitü tarafından belirlenmiş ölçütlere uygun rapor alındığını, çalışmamla ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun ortaya çıkması halinde doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi beyan ederim.

(20/06/2023).

Özkan KARATAŞ





*Kendilerinden çaldığım zaman için Roza, Aren ve Gülay'a*



## **TEŞEKKÜR**

Yüksek lisans ve tez aşamasında desteğini esirgemeyen Sayın Doç. Dr. Gökhan Coşkun'a, tez çalışması sırasında kullanılan ekipman ve düzenekleri sağlayan Prosense Teknoloji'ye teşekkür ederim.

Özkan KARATAŞ



## İÇİNDEKİLER

### Sayfa

<b>ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ</b> .....	<b>v</b>
<b>TEŞEKKÜR</b> .....	<b>ix</b>
<b>İÇİNDEKİLER</b> .....	<b>xi</b>
<b>KISALTMALAR</b> .....	<b>xiii</b>
<b>SİMGELER</b> .....	<b>xv</b>
<b>TABLO LİSTESİ</b> .....	<b>xvii</b>
<b>ŞEKİL LİSTESİ</b> .....	<b>xix</b>
<b>ÖZET</b> .....	<b>xxi</b>
<b>SUMMARY</b> .....	<b>xxiii</b>
<b>1. GİRİŞ</b> .....	<b>1</b>
<b>2. OLUŞTURDUKLARI RİSK DURUMLARINA GÖRE GAZ ÇEŞİTLERİ ...</b>	<b>3</b>
2.1. Yanıcı/Patlayıcı Gazlar Ve Gaz Tespitinde Genel Kavramlar .....	3
2.2. Zehirli Gazlar Ve Gaz Tespitinde Genel Kavramlar .....	6
2.3. Durağan Gazlar Ve Gaz Tespitinde Genel Kavramlar .....	8
<b>3. GAZ ALGILAMA SİSTEMLERİNİN TARİHÇESİ</b> .....	<b>9</b>
<b>4. GAZ ALGILAMA KATEGORİLERİ</b> .....	<b>11</b>
4.1. Patlayıcı/Parlayıcı Gazlar (Yangın Ve/Veya Patlama Riski) .....	11
4.2. Toksik Gazlar (Zehirlenme Riski) .....	11
4.3. Oksijen (Nefessiz Kalarak Boğulma Riski) .....	11
<b>5. GAZ ALGILAMA SENSÖR TEKNOLOJİLERİ</b> .....	<b>13</b>
5.1. Katalitik Sensörler .....	14
5.2. Yarı İletken Sensörler .....	17
5.3. Infrared (Noktasal) Sensörler .....	18
5.4. Open (Long Path) Infrared .....	20
5.5. Elektrokimyasal Zehirli Gazlar İçin .....	21
5.6. Foto İyonlaştırıcı (PID) .....	22
<b>6. GAZ OLÇME ŞARTLARI</b> .....	<b>25</b>
6.1. Gaz Örnekleme Metotları .....	25
6.2. Tehlikeli Alan Sınıflandırması .....	25
6.2.1. Bölge sınıflandırması .....	25
6.2.2. Gaz grupları .....	25
6.2.3. Sıcaklık sınıfları .....	25
6.2.4. Koruma metotları .....	26
6.2.5. Çevresel koruma IP sınıfı .....	27
6.3. Dedektör Sayı Ve Yerleşim Kriterleri .....	27
6.3.1. Serbest kalan gazın davranışını etkileyen faktörler .....	30
6.3.2. Havadan hafif gazlar için gaz dedektörleri yerleşimin pratik modellemesi .....	30
6.3.3. Havadan ağır gazlar için gaz dedektörleri yerleşimin pratik modellemesi .....	31

<b>7. METAN GAZININ DENEYSEL OLARAK DAVRANISININ İNCELENMESİ .....</b>	<b>33</b>
7.1. Deney Koşulları.....	33
7.1.1. Dedektör konumları.....	35
7.1.2. Gaz akış hızı .....	36
7.2. Deney Verileri .....	36
7.2.1. Konum karşılaştırması.....	36
7.2.1.1. 30 %LEL metan gazı salındığında toplanan ölçüm verileri.....	36
7.2.1.2. 50 %LEL metan gazı salındığında toplanan ölçüm verileri.....	40
7.2.2. Gaz akış hızının gaz birikmesine etkisi.....	44
7.2.3. Havalandırma etkisi.....	45
<b>KAYNAKLAR.....</b>	<b>51</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ.....</b>	<b>53</b>

## KISALTMALAR

<b>ppm</b>	: Milyonda bir parça
<b>ppb</b>	: Milyarda bir parça
<b>LEL</b>	: Alt patlama sınırı
<b>UEL</b>	: Üst patlama sınırı
<b>MIE</b>	: Minimum ateşleme enerjisi
<b>TWA</b>	: Zaman ağırlıklı ortalama
<b>STEL</b>	: Kısa zamanlı maruziyet sınırı
<b>MEL</b>	: Maksimum maruziyet seviyesi
<b>LTEL</b>	: Uzun dönem maruziyet kalma sınırı
<b>MAK</b>	: Maksimum iş yeri konsantrasyonu
<b>TLV</b>	: Çalışma alanındaki toksik bileşiklerin sağlık sorunlarına yol açmayacağı seviye
<b>TLV-TWA</b>	: Günde 8 saat ve haftada 40 saatlik çalışma için izin verilen maruz kalma seviyesi.
<b>TLV-STEL</b>	: 15 dakikaya kadar sürekli maruz kalma durumunda izin verilen maksimum konsantrasyon.
<b>TLV-C</b>	: Bir saniye bile maruz kalınmaması gereken tavan konsantrasyon,





## SİMGELER

<b>mg</b>	: Kütle [Birim]
<b>m<sup>3</sup></b>	: Hacim [Birim]
<b>g</b>	: Kütle [Birim]
<b>t</b>	: Zaman [Birim]



## TABLO LİSTESİ

### Sayfa

<b>Tablo 2.1.</b> Bazı gazların parlama ve patlama noktaları .....	4
<b>Tablo 2.2.</b> Bazı gazlar için alt-üst patlama sınırı, parlama noktası ve ateşleme noktası değerleri .....	5
<b>Tablo 2.3.</b> Zehirli gazlar için STEL ve TLV-TWA değerleri .....	7
<b>Tablo 2.4.</b> Bazı zehirli gazlar için maruz kalınacak süre ve zararları .....	7
<b>Tablo 2.5.</b> Oksijen eksikliği ve etkileri .....	8
<b>Tablo 5.1.</b> Hedef gaz grubuna göre kullanılan algılama teknolojisi.....	13
<b>Tablo 6.1.</b> Sıcaklık sınıfları .....	26
<b>Tablo 6.2.</b> Katı cisimlere karşı koruma sınıfları.....	27
<b>Tablo 6.3.</b> Suya karşı koruma sınıfları .....	27
<b>Tablo 7.1.</b> Kabin içi Gaz Dedektör konumları .....	35
<b>Tablo 7.2.</b> Kullanılan gazlar ve akış miktarı .....	36
<b>Tablo 7.3.</b> Dedektörlerin farklı akış hızlarında 30 %LEL gaz algılama performans verileri .....	39
<b>Tablo 7.4.</b> Dedektörlerin farklı akış hızlarında 50%LEL gaz algılama performans verileri .....	43
<b>Tablo 7.5.</b> Dedektörlerin gaz algılayışında fan etkisiyle oluşan gecikmeler.....	47



## ŞEKİL LİSTESİ

### Sayfa

Şekil 2.1. Patlama üçgeni.....	3
Şekil 2.2. Metan gazı için alt ve üst patlama sınırları.....	4
Şekil 2.3. Minimum ateşleme enerji grafiği.....	5
Şekil 5.1. Katalitik sensör yapısı .....	14
Şekil 5.2. Katalitik sensör devre yapısı.....	15
Şekil 5.3. Metan gazı için katalitik sensör T90 cevap süresi .....	15
Şekil 5.4. Ortamdaki Oksijen miktarına göre katalitik sensör çıkış linearitesi.....	16
Şekil 5.5. Zamana göre çıkış sapma eğrisi.....	17
Şekil 5.6. Bazı gazlar için emilim bandı .....	19
Şekil 5.7. İnfrared sensörlerin yapısı .....	19
Şekil 5.8. Elektrokimyasal sensör yapısı .....	21
Şekil 5.9. Elektrokimyasal sensör devre yapısı .....	21
Şekil 6.1. Havadan hafif gazlar için gaz dedektör yerleşimi .....	31
Şekil 6.2. Havadan ağır gazlar için gaz dedektör yerleşimi.....	31
Şekil 7.1. Otomasyon paneli .....	34
Şekil 7.2. Dedektör Modbus bağlantı yapısı.....	34
Şekil 7.3. Dedektörlerin deney odasındaki konumları.....	35
Şekil 7.4. 30%LEL 0,5lt/dak gaz akışı için dedektör tepkileri .....	37
Şekil 7.5. 30%LEL 2lt/dak gaz akışı için dedektör tepkileri .....	37
Şekil 7.6. 30%LEL 10lt/dak gaz akışı için dedektör tepkileri .....	37
Şekil 7.7. 30%LEL 15lt/dak gaz akışı için dedektör tepkileri .....	38
Şekil 7.8. 30%LEL 20lt/dak gaz akışı için dedektör tepkileri .....	38
Şekil 7.9. 30%LEL 25lt/dak gaz akışı için dedektör tepkileri .....	38
Şekil 7.10. 50%LEL 0,5lt/dak gaz akışı için dedektör tepkileri .....	40
Şekil 7.11. 50%LEL 4lt/dak gaz akışı için dedektör tepkileri .....	40
Şekil 7.12. 50%LEL 8lt/dak gaz akışı için dedektör tepkileri .....	41
Şekil 7.13. 50%LEL 10lt/dak gaz akışı için dedektör tepkileri .....	41
Şekil 7.14. 50%LEL 15lt/dak gaz akışı için dedektör tepkileri .....	41
Şekil 7.15. 50%LEL 20lt/dak gaz akışı için dedektör tepkileri .....	42
Şekil 7.16. 50%LEL 25lt/dak gaz akışı için dedektör tepkileri .....	42
Şekil 7.17. 50 %LEL Metan gazı 15 lt/dak akış hızında salındığındaki ölçüm verileri .....	45
Şekil 7.18. 50 %LEL Metan gazı 25 lt/dak akış hızında salındığındaki ölçüm verileri .....	45
Şekil 7.19. 30%LEL gaz fanlar çalıştırılmadan salındığında algılama verileri .....	46
Şekil 7.20. 30%LEL gaz fanlar çalıştırılarak salındığında algılama verileri.....	46



## HAVADAN HAFİF PATLAYICI GAZLARIN KAPALI ORTAMLARDA BİRİKME DAVRANIŞININ DENEYSEL OLARAK İNCELENMESİ

### ÖZET

Gaz maddenin dört temel halinden biridir. Gazların yoğunluğu az, akışkanlığı son derece fazladır. Madde gaz halindeyken belirli bir şekli yoktur fakat hacmi vardır. Katı ve sıvıların aksine Gaz'ı oluşturan moleküller her yönde hareket edebilir, buldukları kabın hacmini alırlar. Her oranda birbirleriyle karışabilen gazların oluşturdukları karışımlar homojendir. Hacimleri dolayısıyla yoğunlukları basınç ve sıcaklığa tabidir.

Sanayi devriminin başladığı 1750 yılından itibaren gazlar endüstriyel üretim süreçlerinin girdisi, yarı mamulü veya çıktısı olmuşlardır. Üretim süreçlerinin herhangi bir anında kullanılan veya ortaya çıkan gazların sürekli kontrol altında tutulması gereklidir. İstenmeyen bir salınım veya kaza halinde ortaya çıkacak gazlar çalışanların ve tesislerin güvenliği açısından oldukça büyük risk teşkil etmektedir.

Gazlar oluşturdukları risk gruplarına göre yanıcı/parlayıcı, zehirleyici veya durağan gazlar olarak adlandırılırlar. Yanıcı/parlayıcı gazların ortama salınması ve oluşan konsantrasyonun Alt Patlama Sınırını (LEL) geçmesi halinde çok büyük yıkımlar gerçekleşmektedir. Dünyadaki en büyük endüstriyel kazalar zehirleyici gazların ortama salınması sonucu oluşmuştur. İtalya'da Seveso ve Hindistan'da Bhopal kazaları bunlara örnek olarak gösterilebilir. Durağan gazlar zehirleyici veya patlayıcı olmamasına rağmen ortamdaki Oksijen miktarını azalttıkları için ani boğulmalara neden olabilmektedir.

Tesislerdeki gaz dedektörlerinin yerleşimine rehberlik etmesi amacıyla TS EN 60079-10-1 ve TS EN 60079-29-2 standartları kullanılmaktadır. Yerleşim sırasında dikkat edilmesi gereken çok fazla kriter olmasına rağmen özellikle algılanacak gazın molekül ağırlığına, bölge sınıflandırmasına, gaz gruplarına, koruma metotlarına, ortam havalandırmasına ve sıcaklığına dikkat edilmelidir.

Gaz algılama sistemlerinin seçimi ve yerleşimi kriterleri izlenirken en önemli konulardan biri gaz dedektörünün kaçan gazı en kısa zamanda algılayabilmesidir. Algılamanın en kısa zamanda gerçekleşmesi için gaz dedektörünün uygun yükseklikte konumlandırılması gereklidir.

Havanın moleküler kütlelerinden (28,97 g/mol) daha fazla ağırlığa sahip olan gazlar, kapalı bir alanda yer seviyesinde ve daha az moleküler ağırlığa sahip gazlar tavan seviyesinde birikme eğilimine sahiptirler. Genel kabul olarak havanın moleküler kütlelerinden daha ağır gazların algılanması için gaz dedektörleri taban seviyesinden 20-30 cm yüksekliğine yerleştirilirler. Moleküler kütleleri havadan hafif gazların algılanması için ise tavan seviyesinin 20-30 cm aşağısında bir yerleşim yapılmaktadır.

4 Hidrojen ve 1 Karbon molekülünden oluşan Metan gazı 16 g/mol ağırlığı ile havadan hafif patlayıcı bir gazdır. Genel kabullere göre ortamda salınan Metan gazının algılanması için gaz dedektörünün tavan seviyesinden 20-30 cm daha aşağıya yerleştirilmesi beklenmektedir.

Bu tez çalışması ile havadan hafif patlayıcı gazların kaçak durumunda nasıl bir birikme davranışı sergileyecekleri metan gazı özelinde incelenmiştir. İncelemenin yapılması için özel bir kabin tasarlanmış ve içerisine farklı yüksekliklerde endüstriyel Metan gaz dedektörleri yerleştirilmiştir.

%30 LEL ve %50 LEL konsantrasyonundaki gazlar ve farklı akış hızlarıyla gaz kaçağı modellenmiş ve sonuçlar kayıt altına alınmıştır. Sonuçlar incelendiğinde kabinin farklı yüksekliklerinde bulunan bütün gaz dedektörleri düzenli artan birikmeyi ortaya koymuştur. Birikme kabininin her noktasında olmakla birlikte her iki gaz konsantrasyonunda da tavan yüksekliği 150 cm olan kabinde 122 cm seviyesinde en yoğun gaz birikmesi oluşmuştur. Havadan hafif bir gazın birikmesinin yukarıdan aşağıya doğru azalması beklenirken deney sonuçları bu beklentinin doğru olmadığını, daha düşük yüksekliklerde göreceli daha yüksek gaz konsantrasyonlarının olabileceğini göstermiştir.



# **EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF THE ACCUMULATING BEHAVIOR OF EXPLOSIVE GASES WITH MOLECULAR WEIGHTS LESS THAN AIR**

## **SUMMARY**

Gas is one of the 4 basic states of matter. The density of gases is very low and their fluidity is extremely high. Gas as state of the matter has no definite shape, but it has volume. Unlike solids and liquids gas molecules can move in all directions and fill the volume of the container they located. Gases can mix with each other no matter what gas are they and they build homogenous mixtures in every ratio. Their density is subject to pressure and temperature based on their volume.

Since the industrial revolution began in 1750, gases have been the input, semi-product or output of industrial production processes. It is necessary to keep under constant control the gases used or emerging at any moment of the production processes. The gases that will emerge in the event of an undesired release or accident pose a great risk for the safety of employees and facilities.

Gases are called flammable/explosive, toxic or asphyxiant gases according to the risk groups they create. Great destructions can occur in case flammable/explosive gases are released into the environment and the resulting concentration (LEL) exceeds the Lower Explosion Limit. The biggest industrial accidents in the world have occurred as a result of the release of toxic gases into the environment. Seveso in Italy and Bhopal accidents in India can be given as examples. Although inert gases are not toxic or explosive, they can cause sudden suffocation as they reduce the amount of Oxygen in the environment.

It is mandatory to take precautions regarding the risks arising from the gases as the use of gases increase in many industries. Various gases used in the process create poisoning and fire/explosion hazards. Gas detection systems should be used to keep these hazards under control. A gas detection system must be able to detect all potential hazards and give timely warnings so that necessary action can be taken.

Gas detection systems, which were needed for the first time in coal mines in England, have shown great change and progress until today. After the years when humans, canaries and mice were used as the first detection system, there were great technological developments in this field, especially after the 1950s.

Especially the development of sensor technologies produced very effective solutions can be used to detect gas leaks in industrial facilities. Although there are dozens of different sensor technologies for detecting the same gas, there is always a solution specific to the application where detection can be done best. In this respect, it is necessary to know these technologies very well in order to use suitable gas detection systems in the facilities. The most widely used sensor technologies today can be listed as Catalytic, Semiconductor, Infrared, Electrochemical and PID sensors.

The performance of a gas detection system depends on the following factors:

- The suitability of the selected detection technology.
- Number and location of detectors.
- Environmental conditions.

For the system to be properly designed, system performance must be defined taking into account the potential hazards in each processing unit. In-depth knowledge of processes and sensing technologies are necessary for correct design. In addition, it is necessary to ensure that the mechanical and electrical properties of the detectors are suitable for the environment and location in which they will be installed. When deciding on technologies to use, it is important to evaluate the potential for false alarms. False alarms can trigger emergency shutdowns which will pose a problem for process continuity. Performance certified detection systems can eliminate or minimize the possibility of false alarms and unwanted activations.

TS EN 60079-10-1 and TS EN 60079-29-2 standards are used to guide the placement of gas detectors in the facilities. Although there are many criteria to be considered during the settlement, attention should be paid to the molecular weight of the gas to be detected, the zone classification, gas groups, protection methods, ambient ventilation and temperature.

The most important issue of gas detection system is the selection and placement criteria of gas detection systems that can detect the escaping gas as soon as possible. In order to detect gas as soon as possible, the gas detector must be positioned at the appropriate height.

Gases weighing more than the molecular mass of air (28.97 g/mol) tend to accumulate at ground level in a confined space, and gases with less molecular weight at ceiling level. In general, gas detectors are placed at a height of 20-30 cm from the floor level in order to detect gases heavier than the molecular mass of the air. For the detection of gases with molecular mass lighter than air, a settlement is made 20-30 cm below the ceiling level.

Methane, consisting of 4 Hydrogen and 1 Carbon molecule, is an explosive gas lighter than air with a weight of 16 g/mol. It is expected that Methane gas would be accumulated at ceiling level. According to general practice, it is expected that the gas detector will be placed around 20-30 cm from the ceiling level in order to detect the methane gas released in the environment.

In this thesis, the accumulation behaviour of lighter-than-air explosive gases in case of leakage was investigated in particular for methane gas. A special cabinet was designed for the examination and industrial methane gas detectors at different heights were placed in it.

Gas leakage with 30% LEL and 50% LEL concentrations and different flow rates was modelled and the results were recorded. When the results were examined, all gas detectors located at different heights of the cabin revealed a regularly increasing accumulation. The most intense gas accumulation occurred at the level of 122 cm in both gas concentrations, although at every point of the accumulation cabinet. While it is expected that the accumulation of a light-than-air gas will decrease from top to bottom, the experimental results have shown that this expectation is not true and that relatively higher gas concentrations can be seen at lower altitudes.

Another important point for placement of detectors is environmental conditions including air current. In second example we tried to create air flow via using fan. Tests

were performed with and without fan to understand air ventilation effect on gas accumulation. The results also show that fan has a positive effect dispersing the gas.



## 1. GİRİŞ

Gaz, maddenin dört halinden biridir. Belirli bir şekli ve hacmi olmayan gaz halindeki maddenin akışkanlığı çok fazla olmasına karşın yoğunluğu çok azdır. Gazı oluşturan çok sayıdaki molekül rastgele (random) ve düzensiz (kaotik- chaos) olarak sürekli birbirlerine ve buldukları bölgenin yüzeyine çarparlar. Gaz'ın kelime anlamı Latince chaos (gas) kelimesinden gelmiştir [1].

Farklı gazlar çok hızlı olarak birbirlerine karışırlar, hacmen çok az bir miktar gaz kaçağı bile olsa birkaç saniye içinde bulunduğu ortamı tamamen kaplar.

Bulduğu yerde aynı yoğunluğa sahip olma karakteristiği, gazların ve yanıcı sıvı buharlarının genel özelliğidir. Bütün gazların genişleme ve sıkışma katsayıları aynıdır. Aynı sıcaklık ve basınç altında belirli hacimdeki bütün gazların molekül sayısı aynıdır. Bu nedenle gaz miktarları çoğunlukla hacimsel olarak ölçülür. Gaz algılama sistemlerinde kaçak gaz ölçümleri yüksek konsantrasyonlarda yüzdesel olarak hacmen (%Vol), düşük konsantrasyonlarda ise milyon adetteki partikül sayısı (ppm) belirtilerek yapılır. Emisyon standartlarının son dönemdeki gelişimi sayesinde milyar adetteki partikül sayısının (ppb) ölçümü de talep edilmektedir [2].

Farklı yoğunluklara sahip gazların genleşmeleri sırasında aralarında herhangi bir ayırıcı bölüm oluşmaz. Moleküller ağırlığına göre havadan ağır olan gazlar yer seviyesinde, havadan hafif olan gazlar ise tavan seviyesinde birikme eğilimindedirler. Ortamda oluşabilecek sıcaklık farklılıkları veya yoğun hava akımları nedeniyle havadan hafif gazlara taban seviyesinde veya havadan ağır gazlara tavan seviyesinde rastlanabilir [3].



## 2. OLUŞTURDUKLARI RİSK DURUMLARINA GÖRE GAZ ÇEŞİTLERİ

Maddenin en hareketli hali gaz halidir. Bu da gazların çabuk yayılmasına; patlayıcı veya zehirleyici özellikte ise etkisini en hızlı, etkin ve geniş alanda göstermesine yol açar. Gazlar potansiyel kaza oluşturma ihtimallerine karşı temelde

- Yanıcı Gazlar
- Zehirli Gazlar
- İnert (Nötr) Gazlar

olarak üç gruba ayrılırlar.

### 2.1. Yanıcı/Patlayıcı Gazlar Ve Gaz Tespitinde Genel Kavramlar

Bir ortamda patlamanın olması için oksijen, ateŐ kaynağı ve yanıcı maddenin uygun miktarlarda bulunması gerekir. Bu üç bileŐen Şekil 2.1’de görüldüğü gibi patlama üçgenini oluŐturur

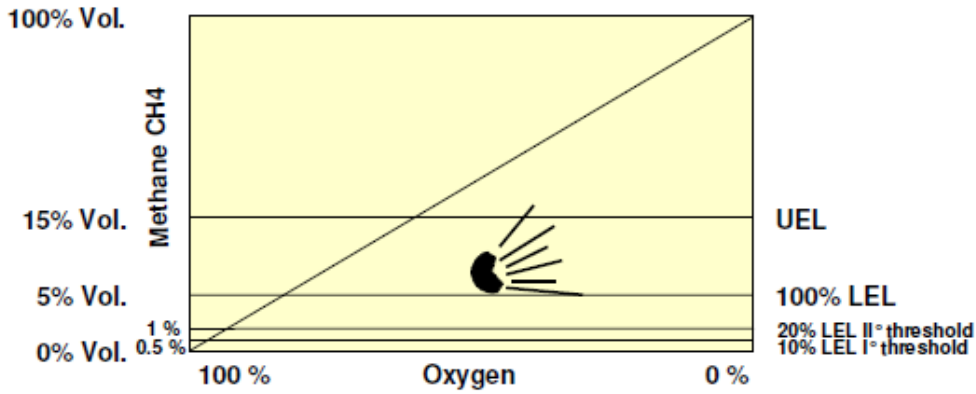


Şekil 2.1. Patlama üçgeni

Yanıcı bütün sıvı bileşiklerin ortam ısısına eşit veya daha düşük derecelerde parlama noktalarına sahip olduğu gaz buharlarının hepsinin alt patlama sınırları olduğu düşünölmelidir. Bu nedenle kullanıldıkları yerlerde mobil veya sabit tipli gaz algılama sistemleri ile sürekli izlenmelidir. Ortamda farklı patlayıcı/parlayıcı bileşikler varsa izleme sistemi bunların tamamını ve aynı zamanda oluŐturabilecekleri muhtemel bileşikleri izlemeye uygun olmalıdır. Böyle durumlarda kullanılan sensörlerin ortamda bulunan ve en az duyarlı olunabilen bileŐiđe kalibre edilmesi tavsiye edilir [4].

Gazların patlayıcı özellikleri belirli bir sınır aralığında ortaya çıkar. Bu sınır aralıkları tüm gazlar için farklılık gösterir. Patlama için havada olması gereken en az gaz miktarına Alt Patlama Sınırı (LEL- Low Explosion Limit) denir.

Gaz konsantrasyonunun ortamda belirli bir seviyenin üzerine çıkması halinde ortamda yeterince Oksijen olmayacağı için patlama gerçekleşmez. Gazın belirli bir seviyenin üstüne çıkması nedeniyle ortamda patlamanın gerçekleşmeyeceği bu sınıra ise Üst Patlama Sınırı (UEL- Upper Explosion Limit) adı verilir. Şekil 2.2’de Metan gazına özel alt ve üst patlama seviyeleri görülmektedir.



Şekil 2.2. Metan gazı için alt ve üst patlama sınırları

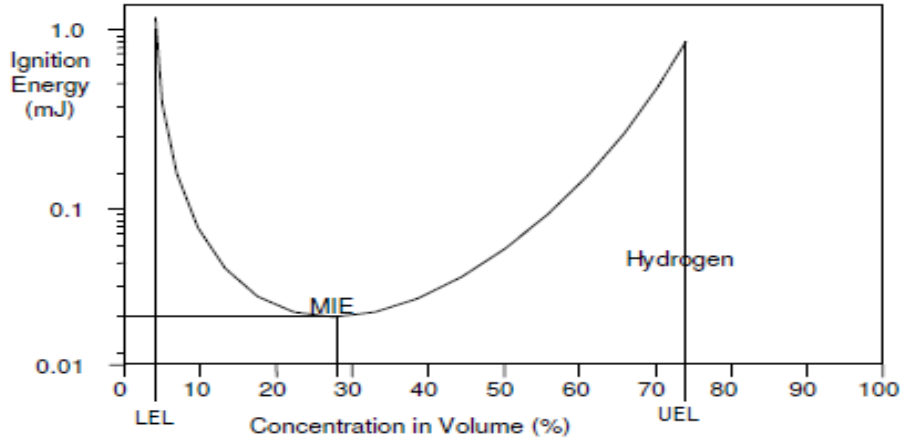
Tablo 2.1. Bazı gazların parlama ve patlama noktaları

Bileşik	Formül	Parlama Noktası (°C)	Yanıcılık (%LEL)
Asetilen	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	Gaz	2,5
Etanol	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH	12	3,5
Bütan	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	Gaz	1,5
Benzen	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	<0	1,3
LNG	H <sub>2</sub> , CO, CH <sub>4</sub> , Diğer	Gaz	4,5
LPG	%20-30 Propan %70-80 Bütan	Gaz	2
Hidrojen	H <sub>2</sub>	Gaz	4
Metan	CH <sub>4</sub>	Gaz	5
Propan	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>3</sub>	Gaz	2,1

Parlayıcı sıvıların yüzeyinde, yeterli buhar çıkarabildikleri ve hava ile tutuşabildikleri en düşük sıcaklığa parlama noktası (flash point) denir. Maddenin tutuşması parlama noktası düştükçe kolaylaşır. Parlama noktası -400 °C olan benzin, parlama noktası 1110 °C olan Etilenglikol’e (Antifriz) göre çok daha parlayıcıdır. Tablo 2.1’de bazı gazların parlama ve patlama noktaları görülmektedir [5].



Havayla birleşmiş bir bileşiğin herhangi bir enerjiye gerek olmadan kendiliğinden tutuşabileceği minimum ısıya ateşleme noktası ya da yakıt tutuşma noktası denir. Tablo 2.2’de bazı gazlar için alt-üst patlama sınırı, parlama noktası ve ateşleme noktası değerleri gösterilmiştir. Gaz ve hava karışımının tutuşması için ihtiyaç duyulan en az enerjiye minimum ateşleme enerjisi (minimum ignition energy- M.I.E) denir. Patlayıcı ortamlarda kullanılan kendinden emniyetli elektronik devre tasarımı bu konseptte dayanır. Elektronik devrelerin maksimum yük altında çalışırken çıkartacağı enerji miktarı M.I.E değerinin altına düşürülemezse tasarlanan cihazın kendinden emniyetli olması mümkün olmayacaktır. Bütün kimyasal bileşikler için tutuşmanın gerçekleşmeyeceği minimum ateşleme enerjisi grafikleri hazırlamak mümkündür. Şekil 2.3’te Hidrojen gazı için hazırlanan M.I.E grafiği görülmektedir [6].



Şekil 2.3. Minimum ateşleme enerji grafiği

Tablo 2.2. Bazı gazlar için alt-üst patlama sınırı, parlama noktası ve ateşleme noktası değerleri

	Patlama Sınırı		Parlama Noktası (°C)	Ateşleme Noktası (°C)
	Alt	Üst		
Asetilen	2,5	81		100
Aseton	2,2	13	-20	465
Etil Alkol	3,3	19	13	363
Bütan	1,9	8,5		365
CO	12,5	74,2		605
Etan	3,0	12,5		472
Etilen	2,7	36		409
Hidrojen	4,0	75		400
Metan	5,0	15		537
ETO	3,0	100		429
Propan	2,1	9,5	-104	450
Tolüen	1,2	7,1		460

## 2.2. Zehirli Gazlar ve Gaz Tespitinde Genel Kavramlar

Belirli bir alanda 20°C sıcaklıkta tümüyle gaz halinde bulunan bulunduğu, maruz kaldığında veya temas edildiğinde canlılarda ciddi hasara ve ölüme yol açan, insan sağlığına zarar veren maddelerin tümü “Zehirli Gaz” olarak adlandırılır. Bu tip gazlara pek çok farklı şekilde maruz kalmak mümkündür.

Toksik gazlara maruziyet genel olarak Zaman Ağırlıklı Ortalama (Time Weighted Average- TWA) konsantrasyonlarına göre değerlendirilir. Buna göre günde 8, haftada 40 saat çalışma süresince uzun süreli ve tekrar edilebilen maruziyetlerde çalışanların sağlığını bozmayacak zaman ağırlıklı ortalama konsantrasyonu ifade eder. Değişkenlik gösterebilmekle beraber toksik gazlara maruz kalma limitleri ülke standartlarına göre mesleki kurumlar tarafından belirlenir. ACGIH (American Conference of Governmental Industrial Hygienists) tarafından belirlenmiş kısa zamanlı maruz kalma limitleri (Short Time Exposure Limit- STEL) diğer ülke kurumları tarafından genel olarak referans alınır.

İngiltere’de kabul edilen referanslar COSHH (Control of Substances Hazardous to Health) olarak bilinir ve HSE (Health and Safety Executive) tarafından EH40 kılavuzunda belirtilir. Kılavuzdaki tanımlar şöyledir;

MEL (Maximum Exposure Level) Maksimum Maruziyet Seviyesi.

LTEL (Long Term Exposure Limit) Uzun dönem maruz kalma değeri. 8 saatlik günlük çalışma boyunca.

STEL (Short Term Exposure Limit) Kısa dönem maruz kalma değeri. 15 dakikalık zaman periyodu içinde maruz kalınabilecek kabul edilebilir değerdir.

Almanya’da kullanılan maruziyet referans sistemi MAK (Maximale Arbeitsplatz Konzentration) olarak adlandırılır. Maruziyet değerleri DFG (Deutschen Forschungsgemeinschaft) tarafından yayınlanır. MAK, çalışanlara zarar vermeden tolere edilebilir maksimum toksik gaz değerlerini günlük ve haftalık çalışma sürelerine göre belirler.

ABD’de maruziyet sınırları üzerine çalışma yapan mesleki kuruluşlar OSHA ve NIOSH’dır. Maruz kalma limitleri TLV (Threshold Limit Value), STEL (Short Term Exposure Limit) ve TWA (Time Weighted Average) ile tanımlanır [1].

TLV: Çalışma alanındaki toksik bileşiklerin sağlık sorunlarına yol açmayacağı seviye.

TLV-TWA (MAK Medium): 8 saatlik işgünü ve 40 saatlik iş haftası için izin verilen normal maruz kalmayı.

TLV-STEL: 15 dakikaya kadar sürekli maruz kalma durumunda izin verilen maksimum konsantrasyon.

TLV-C (Ceiling): Tavan konsantrasyon, bir saniye bile maruz kalınmaması gereken değeri gösterir.

Seçilen zehirleyici gazlar için STEL ve TLV değerleri Tablo 2.3'te, maruz kalımla ilgili süre ve miktara göre zarar potansiyeli Tablo 2.4'te görülmektedir.

**Tablo 2.3.** Zehirli gazlar için STEL ve TLV-TWA değerleri

Bileşik	STEL	TLV-TWA	Molekül Ağırlığı
Nitrik Asit	4	2	
Amonyak	35	25	17
CO <sub>2</sub>	30000	5000	44
NO <sub>2</sub>	5	3	46
SO <sub>2</sub>	5	2	64
Klorin	1	0,5	71
Florin	2	1	38
H <sub>2</sub> S	15	10	34
NO	-	25	30
CO	-	25	28

Havadaki toksik gaz konsantrasyonu ppm değeri ile ifade edilir. Avrupa'daki alternatif ölçü birimi mg/m<sup>3</sup>'tür. PPM'den mg/ m<sup>3</sup> dönüşümü 25 °C ve 1 atmosfer basınç altında

$$TLV(mg/m^3) = \frac{TLV(ppm) \times \text{molekül ağırlığı (g)}}{24,45}$$

formülü ile yapılabilir [6].

**Tablo 2.4.** Bazı zehirli gazlar için maruz kalınacak süre ve zararları

Zehirli Gaz	Ölümcül		Zehirleyici		Geçici Zarar	
	5-10 dakika		10-30 dakika		30-60 dakika	
	mg./l.	ppm	mg./l.	ppm	mg./l.	ppm
Klorin	0,7	500	0,07	50	0,007	5
Hidrojen Klorid	4,5	3000	1,5	1000	0,15	100
Hidrojen Sülfid	1,2	800	0,6	400	0,3	200
Amonyak	3,0	5000	1,5	2500	0,15	250
CO	6,0	5000	2,4	2000	1,2	1000
CO <sub>2</sub>	165	90000	90	30000	55	30000
Petrol	120	30000	80	20000	60	15000

### 2.3. Durağan Gazlar ve Gaz Tespitinde Genel Kavramlar

Durağan gaz belirli şartlar altında kimyasal reaksiyona girmeyen bir gazdır. Genel olarak istenmeyen kimyasal reaksiyonların oluşmasını engellemek için kullanılırlar. Ortamdaki durağan gazların konsantrasyonlarının izlenmesine gerek duyulmamaktadır. Durağan gazların sürekli salınması ortamda bulunan Oksijen miktarının azalmasına ve bu nedenle solunum sıkıntılarına yol açabilir. Helyum, Argon ve Nitrojen bulunan laboratuvarlarda, hastane MR odalarında muhtemel gaz sızıntısından dolayı ortamdaki Oksijen miktarı hızlı bir şekilde azalabilir ve odada bulunanlarda ani beyin ölümlerine neden olabilir [7].

Havadaki normal Oksijen konsantrasyonu % 20,9 seviyelerindedir. İnsan, ortamdaki Oksijen seviyesi % 19,5 seviyesine düşse bile solunuma devam edebilir. Dünyadaki en önemli ani ölüm nedenlerinden biri Oksijen yetersizliğidir. Bu nedenle ortamdaki Oksijen seviyesinin % 18-19'un altına düşmesine izin verilmemeli ortam sürekli kontrol altında tutulmalıdır. Tablo 2.5'te havadaki Oksijen eksikliği ve etkileri görülmektedir.

Oksijenin bulunduğu ortamdaki oranının artması da potansiyel bir tehlike doğurmaktadır. Böylesi bir durumda Oksijen zehirleyici bir gaz halini alacaktır. Miktarının % 24 seviyesini geçmesi halinde ise ortamdaki diğer maddelerin yanıcılığını arttıracaktır. Oksijen gaz tüplerinden meydana gelen sızıntılardan dolayı lehimleme odalarında böylesi durumlar sıklıkla yaşanmaktadır.

**Tablo 2.5.** Oksijen eksikliği ve etkileri

% Vol	Oksijen
19,5	İzin verilen minimum Oksijen seviyesi
15-19	Çalışmada sıkıntı, dolaşım, kalp ve akciğer ile ilgili sıkıntılar.
12-15	Nefes alma zorluğu, kalp atışlarında uyumsuzluk, algı sıkıntı ve bozuklukları.
10-12	Nefes alma hızı ve miktarında artış, dudaklarda mavileşme.
8-10	Beyazlaşan yüz, şüursuzluk hali, mide bulantısı
6-8	8 dakika içinde % 100 ölüm, 6 dakika içinde % 50 ölüm
4-6	40 sn sonra koma durumu, nefes alamama, kasılma ve ölüm

### **3. GAZ ALGILAMA SİSTEMLERİNİN TARİHÇESİ**

Gaz algılama sistemlerine tarihte ilk kez maden ocaklarında ihtiyaç duyulmuştur. Sanayi devrimi ve gelişen endüstriyel süreçlerle birlikte kömür talebinde büyük bir artış yaşanmış ve bu talebe cevap veren maden ocaklarında patlamalar artmıştır. Bu patlamalar sonucunda büyük kazalar ve insan kayıpları yaşanmıştır.

Gaz algılama, kafasında yanan uzun bir fitil ve omuzlarında ıslak battaniye ile kömür madenine inen en cesur madenciler tarafından yapılmaya başlanmıştır. Gaz varlığında yanan fitilin neden olacağı patlama sadece bir madencinin ölmesine neden oluyor, ekibin geri kalanı çalışmaya devam ediyordu. Büyük ölümler üretimin aksamasına neden olduğu için bu yöntem uzun bir dönem kullanılmıştır.

Solunum sistemini kontrol eden sinir sistemi insana en çok benzeyen ve oldukça sesli ötüşen kanaryalar madenlerde gaz algılama amacıyla kullanılan ikinci yöntem olmuştur. Metan artışında veya oksijen azlığında ötmeyi bırakan kanaryalar patlamanın veya zehirlenmenin habercisi olmuştur [4].

Aynı zaman diliminde benzer amaçlarla Japonya'da waltzing fareleri madenlerde kullanılmıştır.



## **4. GAZ ALGILAMA KATEGORİLERİ**

### **4.1. Patlayıcı/Parlayıcı Gazlar (Yangın ve/veya Patlama Riski)**

Patlayıcı tehlikeyi önlemek için algılama sistemleri aşağıdaki ilklere göre tasarlanmalıdır:

- Gaz kaçağı kaynaklı bir patlamayı önlemek için ortamda bulunan bütün patlayıcı/parlayıcı gazların ortamdaki konsantrasyonları alt patlama sınırlarının altında (LEL) tutulmalı veya ortam Oksijen 'den arındırılmalıdır.
- Ölçümler alt patlama sınırlarının %0-100'ü aralığında yapılmalıdır.
- Patlayıcı/Parlayıcı gazlar için kullanılan gaz algılama sistemleri muhtemel patlama koşullarının oluşmasından önce alarm verecek şekilde tasarlanmalıdır.

### **4.2. Toksik Gazlar (Zehirlenme Riski)**

Toksik gazlar insan sağlığı için tehlikeli olup ortamda bulunan çalışanların toksik gaza karşı maruziyetleri sürekli izlenmelidir. Genel olarak (ppm) milyon partiküldeki zehirli gaz partikülü olarak ölçülür. Zehirli gaz algılama sistemleri ortamda bulunan zehirli gazın zarar verici bir konsantrasyona ulaşmasından önce çalışanların uyarılması amacıyla tasarlanırlar. Zehirli gaz algılama sistemleri (STEL) kısa süreli maruz kalma limiti ve (TWA) zaman ağırlıklı ortalama maruziyeti değerleri göz önüne alınarak tasarlanır.

### **4.3. Oksijen (Nefessiz Kalarak Boğulma Riski)**

Havadaki oksijen miktarını normal aralık değerlerinin dışına çıkarabilecek ortamlarda oksijen miktarı sürekli olarak izlenmelidir. Bu ortamlar genel olarak:

- i. Patlayıcı ortamlar
- ii. Zehirli ortamlar
- iii. Oksijen zengin/az ortamlar

Oksijen miktarının azaldığı ve çoğaldığı durumlar için uyarı oluşturabilecek sistemler kullanılmalıdır. Yanıcı ve zehirli gazların tersine oksijen azlığı, fazlalığından daha tehlikeli olabilir. Kullanılan sistemlerin belirlenen güvenli miktar aralığının her iki yönünde (azalma/artma) uyarı oluşturması önemlidir.



## 5. GAZ ALGILAMA SENSÖR TEKNOLOJİLERİ

Ortamda bulunan patlayıcı/parlayıcı, zehirleyici ve Oksijen gazının tespiti amacıyla değişik teknolojik prensiplerle çalışan farklı gaz sensörleri üretilmiştir. Algılanması hedeflenen gaz çeşitlerine göre kullanılacak gaz sensörleri Tablo 5.1’de gösterilmiştir.

Kaliteli bir gaz sensörünün aşağıdaki özelliklere sahip olması beklenir [8],

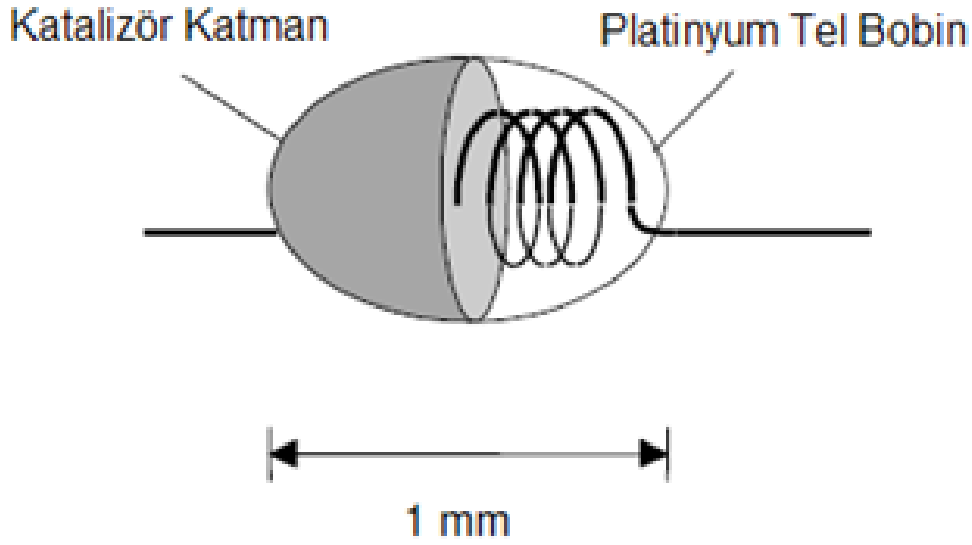
- Değişik gazlara göre seçicilik
- Kalibrasyon gereksinmesi
- Tekrarlanabilirlik
- Kararlılık
- Hedef gaz için geniş ölçüm aralığı
- Uzun kullanım ömrü
- Tayin sınırı
- Hızlı tepki süresi
- Hızlı sıfırlama süresi
- Kolay kullanım
- Ulaşılabilir fiyat seviyesi

**Tablo 5.1.** Hedef gaz grubuna göre kullanılan algılama teknolojisi

Tespit Edilecek Gaz	Sensör Teknolojisi
Yanıcı Gazlar	Katalitik
	Termal İletkenli
	İnfrared (IR)
	Yarıiletken
	Elektrokimyasal
	Alev İyonizasyonlu (FID)
	Alev Isı Analizli (FTA)
Zehirli Gazlar	Elektrokimyasal
	Yarı İletken
	İnfrared (IR)
Oksijen	Elektrokimyasal

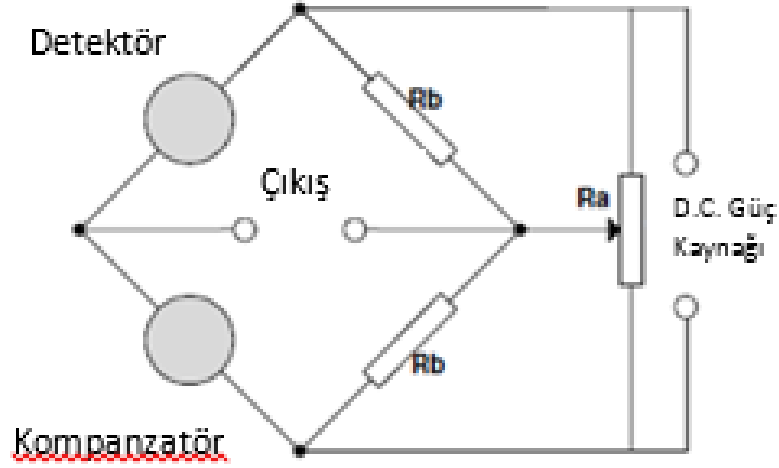
## 5.1. Katalitik Sensörler

Katalitik sensörlerin çalışması yanıcı gazların oksidasyonu prensibine dayanır. Katalitik sensörler Şekil 5.1’de görüldüğü gibi özel katalizör ile kaplanmış bir platin tel bobini içeren algılayıcı minik bir boncuk şeklindedir. Katalizör normal ortamdaki daha düşük enerji seviyesinde yanıcı gaz ile tepkimeye girerek platin bobinin ısınmasına ve direncinin değişmesini sağlar, bu değişiklikler sensörden gelen sinyaller olarak algılanır [1].



Şekil 5.1. Katalitik sensör yapısı

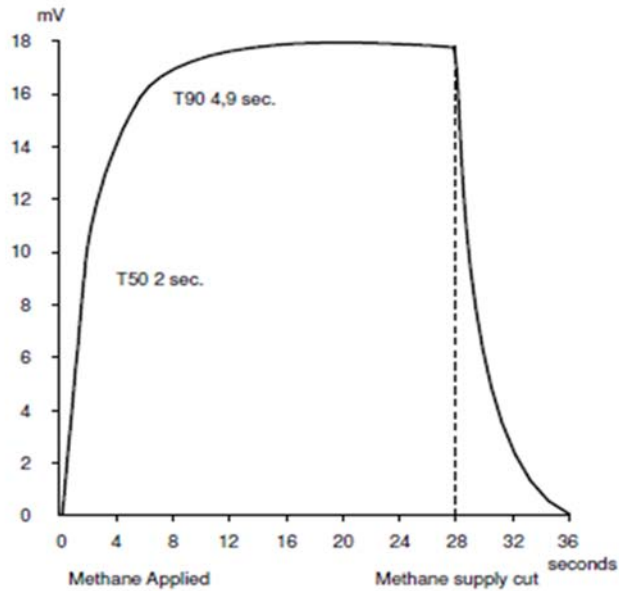
Çevresel faktörlerden oluşabilecek yanlış sinyalleri engellemek için katalitik sensörler içerisinde bir kompanzatörle birlikte üretilirler. Kompanzatör (referans) yüzeyi katalizör ile kaplanmadığı için gaz tespiti sırasında oksitlenme gerçekleşmez. Isı, nem ve basınç değişimleri gibi çevresel koşullar aktif ve referans sensörde aynı etkiyi yaptıkları için wheatstone köprüsünün çıkış değeri bozulmaz.



Şekil 5.2. Katalitik sensör devre yapısı

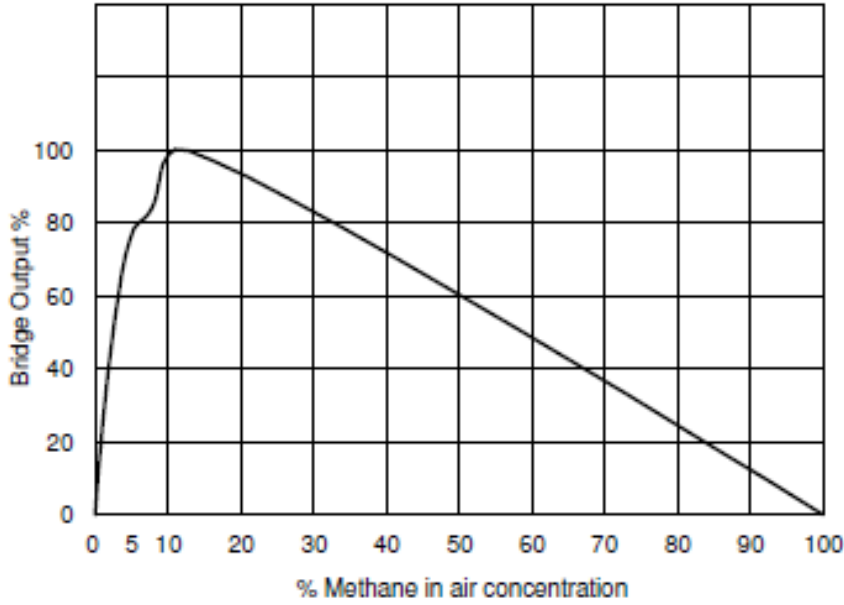
Katalitik sensörler çevresel değişiklikleri kompanse edebilirler. Bu sayede saha kullanımlarında büyük avantajlar sağlarlar. 0-100 % LEL ölçüm aralığında linearite, tekrar edilebilirlik, yeniden üretilebilirlik önemli avantajları olarak sayılabilir.

Katalitik sensörler, birçok yanıcı gazın alt patlama sınırlarına (LEL) kadar ölçülmesinde tatmin edici sonuçlar verirler. Sensörün gaza cevap verme süresi ölçülen gaza göre değişiklik gösterir. Moleküler ağırlığı fazla ve büyük moleküllü gazlar için cevap verme süresi daha uzundur.



Şekil 5.3. Metan gazı için katalitik sensör T90 cevap süresi

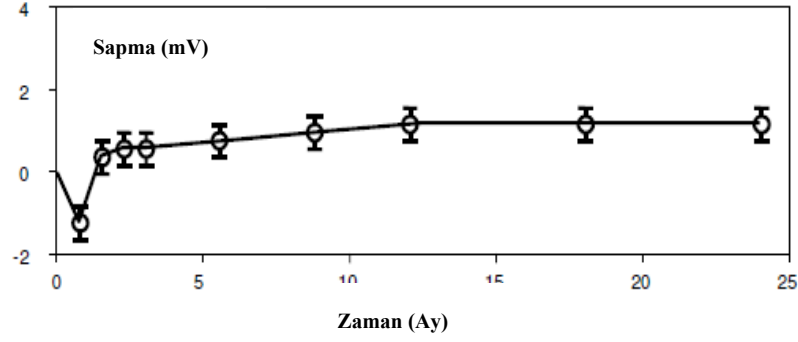
Katalitik sensörlerin Metan gazı için T90 süresi Şekil 5.3'te gösterilmiştir ve genellikle 5-10 saniye olarak ölçülür. Sensörler sinter filtreler ile korundukları için bu süreler bir miktar artabilmektedir.



**Şekil 5.4.** Ortamdaki Oksijen miktarına göre katalitik sensör çıkış linearitesi

100 % LEL seviyesine kadar oldukça lineer çıkış sinyali üretebilen katalitik sensörlerin 100 % LEL seviyesinde uzun süreli kullanımları tavsiye edilmez. Gaz konsantrasyonu yükseldiğinde ortamdaki Oksijen miktarı azalmaktadır. Oksijenin azalması ise katalitik sensör üzerindeki katalizörün yanma performansını etkiler. Bu nedenle çıkış linearitesinde bozulmalar görülür. Şekil 5.4'te ortamda artan Metan gazına karşı sensörün verdiği çıkış değeri görülmektedir. Ortamdaki Metan gazı seviyesi % 10 Vol seviyesine ulaştığında çıkış sinyali dramatik bir şekilde düşüş göstermektedir.

Birkaç dakikadan fazla yüksek konsantrasyonda gaza maruz kalan katalitik sensörler zarar görebilir ve duyarlılığını kaybedebilir. Bu nedenle düzenli zaman aralıklarında sensörler kontrol edilmeli ve kalibrasyon yapılmalıdır [9].



**Şekil 5.5.** Zamana göre çıkış sapma eğrisi

Normal şartlar altında katalitik sensörlerin 5 yıldan daha fazla çalışma ömürlerinin olması beklenir. Üretici ve modeline göre katalitik sensörlerin her yıl hassasiyetlerinde %5 ile %10 arasında bir azalma olur. Bu nedenle yasal direktiflerde sensörlerin üretici talimatlarına göre 3-6 ay arasında kontrolü ve yeniden kalibrasyonu istenmektedir [9]. Şekil 5.5'te örnek bir katalitik sensörün zamana göre çıkış sapma eğrisi görülmektedir.

Katalitik sensörlerin çalışma performansını en çok etkileyen iki unsur zehirleyiciler ve engelleyicilerdir. Geçici duyarsızlıklara neden olan engelleyicilerin ortamdan kaldırılması gereklidir. Bir süre temiz havada bekletilen sensörlerin hassasiyetini yeniden kazanması beklenir. Sahada en çok karşılaşılan engelleyiciler; H<sub>2</sub>S, Klorin, Klorlanmış Hidrokarbonlar ve Halojenli bileşiklerdir.

Sensörlerin duyarlılığında kalıcı hasarlara yol açabilen zehirleyici bileşikler, sensörlerin tamamen işlevsiz hale gelmesine de neden olabilirler. Silikon bileşikleri ve Tetraetil Kurşun en bilinen zehirleyicilerdir. Engelleyiciler ve zehirleyiciler gaz tespitindeki en büyük problem kaynaklarıdır. Bu yüzden gaz dedektörlerinin bu kirleticilere maruz kalmamasına büyük özen gösterilmelidir.

## 5.2. Yarı İletken Sensörler

Yarı iletken algılayıcıların çalışma prensibi, havanın dışındaki gaza maruz kaldığında ısıtılmış algılama elemanının yüzeyi üzerinde kimyasal soğurma vasıtasıyla meydana gelen elektriksel iletkenliğin değişimine bağlıdır. Gaz derişimleri direnç değişmesinin ölçülmesiyle ortaya çıkar [10].

Yarı iletken malzeme, sık olarak kalay okside bağlı çoğunlukla metal oksittir. Bu birkaç yüz dereceye kadar elektriksel olarak ısıtılır. Elektrotlar, takılır veya başka şekilde yüzeye monte edilir.

Algılayıcılar herhangi bir derişimdeki gazların algılanması için kullanılır, bununla birlikte bu algılayıcılar artan derişimle duyarlılık azaldığından doğrusal olmayan bir tepkiye sahip olma eğilimindedir. Birçok durumda yarı iletken algılayıcıların çalışması için oksijen gerekir ve nem veya oksijen değişiklikleri bunların tepkisini etkileyebilir.

Ayrıca bazı yarı iletkenler genel olarak özel olmayan ve girişime duyarlı olan tutuşabilir gazlar ve buharların dışındaki maddelere tepki verir. Yanıcı gazlar için tepki faktörlerinde büyük farklılıklar vardır. Bazı gazlar (örnek olarak NO<sub>2</sub>) negatif işaret üretmelerine rağmen hidrojen yüksek duyarlılıkta algılanır, böylece girişim gazlarının etkilemesi her bir münferit uygulama için araştırılmalıdır [11].

Sonuç olarak, algılayıcının bu tipi normal olarak belirtilen şartlar altında ve derişimlerin tayin edilmiş aralıkta belirlenmiş gazın düşük maliyetli algılama için kullanılır. Tepki süreleri, algılama elemanının imalat özelliklerine, ölçülecek gazın derişimine ve algılayıcıya olan gaz nakil sistemine (çoğunlukla yayılmayla, ancak emme de kullanılabilir) bağlıdır.

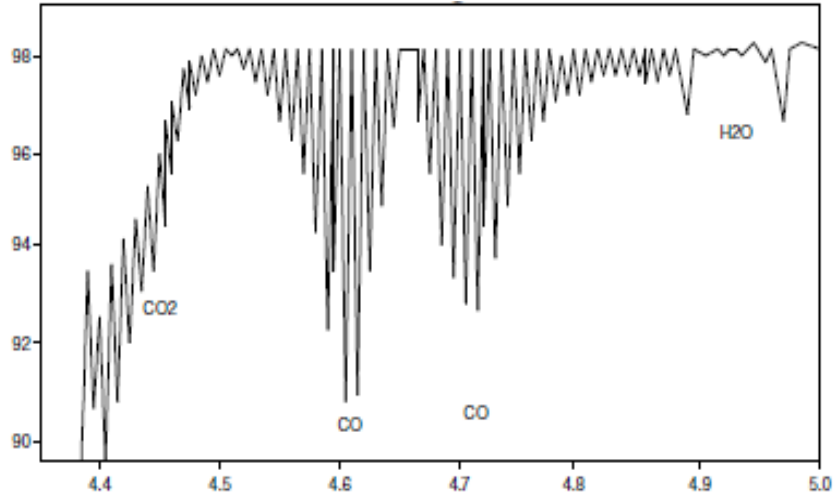
Yarı iletken algılayıcılar çok düşük derişimler dahil derişimlerin geniş bir aralığı boyunca gazların algılanması için kullanılabilir, ancak bunlar doğrusal olmayan tepkiye sahiptir. Bu algılayıcılar, çok düşük derişimlerde bile sızıntının algılanması ve sadece alarmlı donanım için uygundur.

Tutuşabilir gazlar için olan yarı iletken algılayıcılar genellikle özel olmayan hem nem değişmelerine hem de girişim gazlarına karşı hassastır ve hem sıfırı hem de gaz tepkisini kaydırabilir. Örnek olarak NO<sub>2</sub> gibi bazı gazlar negatif işaret üretir.

### **5.3. Infrared (Noktasal) Sensörler**

Infrared sensör teknolojisi, belirli bir dalga boyundaki Kızılötesi (IR) ışığın hedef gaz tarafından emilmesi ilkesine dayanmaktadır. Temel olarak, bir sensör içinde hedef gaz tarafından emilecek ve emilemeyecek dalga boyunda kızılötesi ışık demetleri üreten iki üreteç vardır. Her bir ışın eşit yoğunlukta ve sensörün içinde bir aynaya oradan da bir foto algılayıcıya yansıtılır. Foto algılayıcı tarafında gönderilen referans ve ölçüm ışını arasında ortaya çıkan yoğunluk farkı, mevcut gaz konsantrasyonunu ölçmek için kullanılır [12].

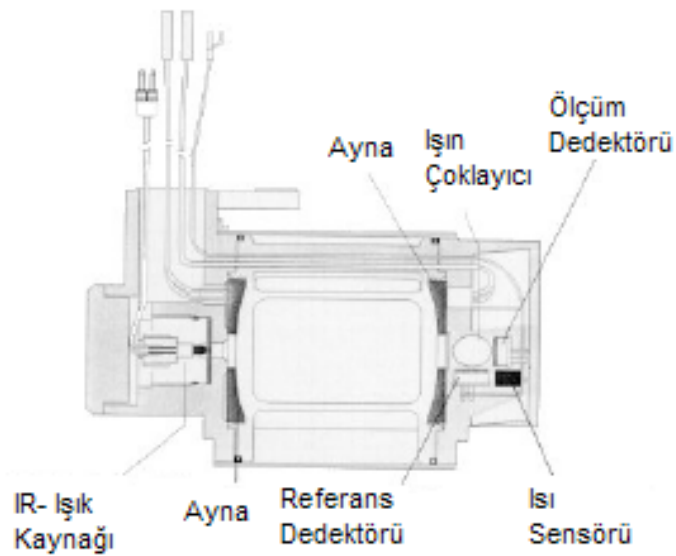
Şekil 5.6’da bazı gazlar için emilim bandı gösterilmektedir. Yapılarından dolayı kullanıcılara birçok avantaj sağlar. Sıcaklık değişimlerine karşı tamamen güvenilirdir. IR sensörler yüksek seçiciliğe sahiptir, aynı zamanda zehirlenme riskleri yoktur.



**Şekil 5.6.** Bazı gazlar için emilim bandı

Genel olarak İnfrared sensörlerin yapısı Şekil 5.7’deki gibidir.

IR ışık kaynağı, içinde gaz bulunan bir yol boyunca optik alıcıya bir ışın gönderir. Gazın hissedilmesiyle birlikte özel dalga boylarında gaz içinden geçen IR ışın ile referans sinyal arasında sönüm farkı oluşur. Gaz konsantrasyon bilgisi oluşan bu sönüm farklılığının yorumlanması temeline dayanır [1].



**Şekil 5.7.** İnfrared sensörlerin yapısı

Sensörler modüle edilmiş sinyale ihtiyaç duydukları için ışık kaynağı sürekli titreşimlidir. Yapı içinde bulunan referans sensor tespit edilecek gazdan etkilenmemesi için IR bant dışında tutulur. Kullanılan sensörler fotovoltaj, fotoconductive veya pyroelektrik olabilirler. Kullanılan ışık kaynağı tungsten lamba, led ya da IR kaynağı olabilir. Bazı optik elemanlar şekilde de görüldüğü gibi korozyondan etkilenmemesi için optik yolun sonuna yerleştirilirler.

Ortamdaki basınç değişimleri IR sensöre ait işaretin “Zero” değerinde herhangi bir değişime neden olmaz. Gaza karşı duyarlılık ise basınçla doğru orantılıdır. Basınç değişimlerinin muhtemel olduğu uygulamalara dikkat edilmeli, böyle durumlar için tasarım ve yerinde kalibrasyon seçenekleri kullanılmalıdır.

Infrared sensörler üretildikleri hedef gaz için lineer ölçüm yapabilirler. Ancak yanıcı gaz karışımlarına karşı algılama seviyeleri lineer değildir. Bu nedenle birden çok yanıcı gaz olan ortamlarda karışımların oluşturacağı tehlikeyi algılamakta zayıf bir çözüm sağlar. Hidrojen gazının kızılötesi bandındaki spektrumu algılama yapmaya uygun olmadığı için Infrared sensörler hidrojen gazını algılayamaz.

Aynı dalga boyundaki farklı gazlar ölçüm sırasında sıkıntılara yol açabileceğinden detektör konumlamaları sırasında bu duruma dikkat edilmelidir.

#### **5.4. Open (Long Path) Infrared**

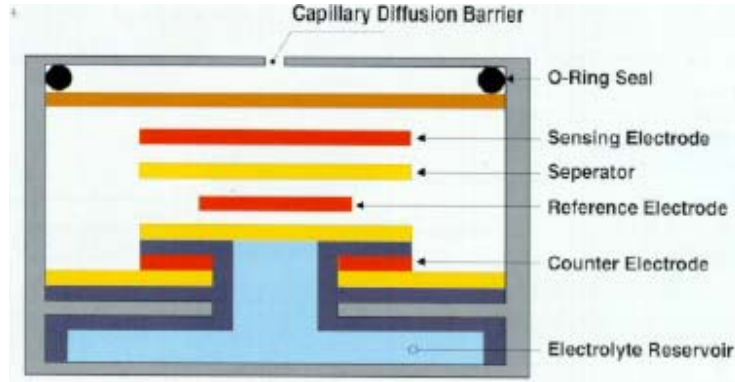
Yükleme/boşaltma terminalleri, boru hatları, açık deniz platformları ve depolama alanları gibi açık alanlarda gaz miktarını izlemek gerektiğinde noktasal ölçüm yapan cihazlar yeterli olmayabilir. Zira ya çok fazla cihaz koymak gerekir ve maliyetler artar ya da alanda oluşacak hava akımları algılamayı zorlaştırır. Bu tür durumlar için birkaç yüz metrelik açık alanları kapsayan kızılötesi veya lazer teknolojisi kullanan sistemler geliştirilmiştir. Yıllar içinde karşılaşılan sis ve toz gibi etkilerin algılamada yol açtığı sorunlar ve yanlış alarmları ortadan kaldırmak amacıyla iki referans dalga boyuna sahip çift bantlı geçiş filtreleri kullanılmaya başlanmıştır. Aynı zamanda dış ortam koşullarından kaynaklanan ışının kısmen zayıflaması sonucu ortaya çıkan yanlış alarmları, ışının koaksiyel optik tasarım yoluyla hedeflenmesi büyük oranda ortadan kaldırmıştır [9].



## 5.5. Elektrokimyasal Zehirli Gazlar İçin

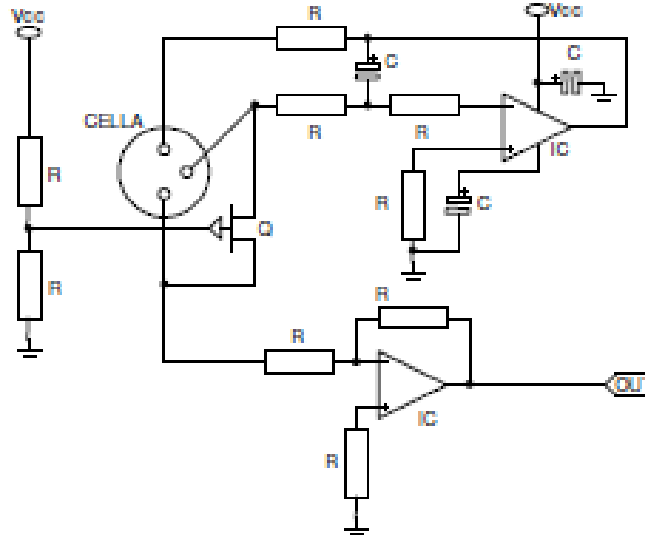
En eski elektrokimyasal sensörler, 1950 yıllarında Oksijen ölçümleri için kullanılmıştır. Son yıllarda, sınırlı alan uygulamalarında yanıcı gazlar ve zehirli gazların kontrollerinde daha seçici ve yeni elektrokimyasal sensörler geliştirilmiştir.

En basit haliyle elektrokimyasal sensörler zayıf bir elektrolit kaplamayla ayrılmış algılayıcı ve karşıtı olmak üzere iki elektrottan meydana gelir. Bu yapı likit, jel ve son zamanlarda kullanılan haliyle katı formda olabilir.



Şekil 5.8. Elektrokimyasal sensör yapısı

Şekil 5.8'de de görüldüğü gibi elektrolit gaza karşı geçirgen bir membran ile dış ortamdan izole edilir. Gaz difüzyon ile membranı geçip sensöre giriş yaparak oksidasyonu başlatır ve ortamdaki gaz konsantrasyonuna göre bir akım ortaya çıkar.



Şekil 5.9. Elektrokimyasal sensör devre yapısı

Elektrokimyasal sensörlerin çalışmak için küçük bir güce ihtiyaçları vardır. Şekil 5.9'da elektrokimyasal sensörün kullanıldığı gaz alarm devre yapısı gösterilmiştir.

Ölçüm sonuçları lineer, kesin ve çok hassastır. Cevap verme süreleri 30 ila 60 saniye arasındadır. Çok küçük ppm değerlerinde bile ölçüm büyük bir başarıyla yapılır.

Elektrokimyasal sensörlerin ömürleri genellikle 2-3 yıl kadardır. Oksijen sensör ömrü hızlı oksidasyon ve elektrolitin daha hızlı tükenmesi nedeniyle daha kısadır ve genellikle 1-2 yıldır. Sensör ömürlerinin ölçülen gaz, gazın konsantrasyonuna ve ölçüm yapılma sıklığına göre değişkenlik gösterebileceği unutulmamalıdır [9].

Elektrokimyasal sensörler birkaç yanıcı gaz dışında genellikle zehirli gazların algılanmalarında kullanılırlar. Hidrojen ve Karbon monoksit konsantrasyonlarını alt patlama sınırlarına kadar ve Oksijeni hacmen %25 seviyesine kadar ölçümleyebilirler.

Sıcaklık ve nemli ortamlar sensor hassasiyetini düşürebilmektedir, bu yüzden tasarımlarda sıcaklığı sabit tutacak düzenekler kullanılması daha iyi ölçüm sonuçları için tavsiye edilir.

## **5.6. Foto İyonlaştırıcı (PID)**

PID sensörler, çok çeşitli uçucu organik bileşiklerin (VOC'ler) tespiti için tasarlanmıştır. Genel olarak, iyonlaşma enerjisi (IE) lamba fotonlarından daha düşük olan herhangi bir bileşik ölçülebilir. Ultraviyole (UV) lamba teknolojisine dayanan PID sensörleri, yüksek UV çıkışları ve uzun lamba ömrü gibi gelişmiş özelliklere sahiptir [9].

Bir fotoiyonizasyon detektöründe, tipik olarak vakum ultraviyole (VUV) aralığındaki yüksek enerjili fotonlar, molekülleri pozitif yüklü iyonlara ayırır. Bileşikler dedektöre girdiklerinde yüksek enerjili UV fotonları tarafından bombardımana tutulurlar ve UV ışığını emdiklerinde iyonlaşırlar, bu da elektronların fırlamasına ve pozitif yüklü iyonların oluşmasına neden olur. İyonlar, dedektörün sinyal çıkışı olan bir elektrik akımı üretir. Bileşenin konsantrasyonu ne kadar yüksek olursa, o kadar fazla iyon üretilir ve akım o kadar büyük olur. Akım yükseltilir ve bir ampermetre veya dijital konsantrasyon ekranında görüntülenir. İyonlar, oksijen veya su buharı ile reaksiyon, yeniden düzenleme ve parçalanma dahil olmak üzere çok sayıda reaksiyona girebilir. Bunlardan birkaçı, orijinal moleküllerini yeniden biçimlendirmek için detektör içindeki bir elektronu yeniden yakalayabilir; ancak başlangıçta havadaki analitlerin yalnızca küçük bir kısmı iyonize edilir, bu nedenle bunun pratik etkisi (eğer gerçekleşirse) genellikle ihmal edilebilir düzeydedir. Bu nedenle, PID sensörler

tahribatsızdır ve çoklu dedektör konfigürasyonlarında diğer sensörlerden önce kullanılabilir.

PID sensörün ana bileşenleri lamba sürücü (yüksek gerilim veya yüksek frekans metodu) ile birlikte UV-lambası, yükselticili iki toplayıcı elektrot ve tipik olarak numune filtresi ve pompadır. Lambadan daha yüksek IP değerli maddeler algılanmaz. Örnek olarak, etan, propan, asetilen veya metanol gibi maddeler birçok yaygın lambanın 10,6 eV değerini daha yüksek IP değerlerine sahiptir. IP değeri 1,5 eV olan etanol ve etilen gibi daha aşağı değerli diğer maddeler düşük bir tepki verir.

Prensip olarak ölçmeler genellikle havada yapıldığından hidrojen, karbon monoksit ve metan gibi oksijenden daha yüksek (IP =12,1 eV) IP değerine sahip bütün maddeler algılanamaz. Bu yüzden Oksijenden daha yüksek değerdeki lambaya sahip olmanın anlamı yoktur.

Bu teknik tutuşabilir gazlara özel değildir ve daha yaygın mor ötesi lambalarla bütün tutuşabilir gazları algılamaz.

Pek çok gazın oluşturacağı bağıl tepkiler genellikle iyi bilinir ve böylece bunları yazılım içerisine programlayarak oluşturacakları etkilere oranlı olarak ölçüm değeri elde etmek mümkündür. Standard gazdaki yeniden kalibrasyondan sonra algılanacak gazın özelliği sisteme giriş olarak verilirse doğrudan hedef gaza ilişkin ölçüm değeri elde edilebilir. Tepki süresi sadece numune gazın akışıyla belirlenir. Tipik tepki süreleri 2 s ile 10 s arasındadır.

Yüksek duyarlılık, zehre dayanıklılık ve hızlı tepki süresi özellikleri gerekli olduğu durumda bu algılayıcı tipi kullanılır. Sabit çalışma için bu teknik uygun olmasına rağmen donanım taşınabilir (elde tutularak) veya nakledilebilir tip olabilir veya çoğunlukla gömülü olarak emme pompasına sahip olur. Bu şekilde teknik, anlık okuma yapan donanım olarak uygundur.

Bu algılayıcı milyon başına düşük parça aralığından yaklaşık olarak milyon başına 2000 parçaya kadar olan gaz derişimlerinin ölçümü için uygundur. Bununla birlikte bu algılayıcı zehirli seviyelerden alt patlama sınırının düşük yüzdelere kadar olan ölçmeler için de uygundur.

İlave olarak, algılayıcının bu tipi örnek olarak sızıntı algılaması gibi kısa zaman periyotları için düşük milyon başına parça seviyelerine kadar düşen gaz derişimlerinin ölçülmesi için yaygın olarak kullanılır.

Algılayıcı UV lambanın enerjisinden tipik olarak 10,6 eV'den daha az iyonlaşma potansiyeline (IP) sahip bütün maddelere tepki verecektir, ancak tepki faktörü kuvvetli olarak gazın iyonlaşma özelliklerine bağlıdır. Nem, birçok ppm'e eşdeğer olan bir işaret üretebilir. Bu işaret iyonlaşma ile ilgili değildir (H<sub>2</sub>O'nun IP değeri 12,6 eV dir), ancak elektrotları çevreleyen malzeme ile olan birbirini etkileşim vasıtasıyla ortaya çıkabilir.

Algılanacak maddede mevcut olan metanın yüksek derişimi iyonlaşmayı engelleyerek okumayı azaltabilir. Lambada veya hücre pencerelerindeki yoğunlaştırılmış malzeme, katı malzeme, parmak işaretleri, vb. mor ötesi yoğunluğu ve böylece duyarlılığı değiştirebilir.

## **6. GAZ OLÇME ŞARTLARI**

Bir gaz dedektörünü kullanarak ölçüm yapabilmek için ölçülecek gazın tipi, ortam şartları ve ölçüm ortamı gibi etkenler etkili olmaktadır [13]. Bu etkiler aşağıda verilmiştir.

### **6.1. Gaz Örnekleme Metotları**

Ölçümü yapılacak gazdan bir örnek alınarak sensöre uygulanması gerekir. Genel olarak gaz örnekleme metotları aşağıda verildiği gibi üç gruba ayrılır [14].

- a) Difüzyon örnekleme
- b) Pompalı örnekleme
- c) Aspirated örnekleme

### **6.2. Tehlikeli Alan Sınıflandırması**

#### **6.2.1. Bölge sınıflandırması**

Bölge 0: Gaz, buhar veya buğu halinde yanıcı maddelerden oluşan hava karışımını içeren patlayıcı bir ortamın sürekli veya uzun sürelerle ya da sık olarak bulunduğu yer.

Bölge 1: Gaz, buhar veya buğu halinde yanıcı maddelerden oluşan hava karışımını içeren patlayıcı bir ortamın normal çalışma sırasında arada bir oluşması muhtemel yer.

Bölge 2: Gaz, buhar veya buğu halinde yanıcı maddelerden oluşan hava karışımını içeren patlayıcı bir ortamın normal çalışma sırasında oluşması muhtemel olmayan, ancak oluşursa sadece kısa bir süre süreceği yer [5].

#### **6.2.2. Gaz grupları**

- IIA Düşük tutuşabilirliği olan gazlar ve buharlar
- IIB Orta tutuşabilirliği olan gazlar ve buharlar
- IIC Yüksek tutuşabilirliği olan gazlar ve buharlar

#### **6.2.3. Sıcaklık sınıfları**

Ekipmanın yüzey sıcaklığını göstermekte olup Tablo 6.1 ile örneklendirilmektedir.

**Tablo 6.1. Sıcaklık sınıfları**

Sınıflandırma için 6 farklı sıcaklık derecesi bulunur. Bir sıcaklık sınıfı derecesi kendisi ve alt sınıflar için kullanılabilir.

Sıcaklık Sınıfları	Gaz Tutuşma Sıcaklığı	İzin verilebilir Sıcaklık Sınıfları
T1	>450	T1-T6
T2	>300	T2-T6
T3	>200	T3-T6
T4	>135	T4-T6
T5	>100	T5-T6
T6	>85	T6

IEC EN 60079-10-1 ve 60079-10-2 Standartları referans alınmıştır.

#### 6.2.4. Koruma metotları

“d” tipi Alev Sızdırmaz Muhafaza (da, db, dc): Patlayıcı ortamı ateşleyebilecek parçaların, patlayıcı bir karışımın dahili patlaması sırasında oluşan basınca dayanabilen ve patlamanın muhafazayı çevreleyen patlayıcı atmosfere iletilmesini önleyen bir muhafaza içerisine yerleştirildiği koruma tipidir.

“e” tipi Arttırılmış Emniyet (eb, ec): Normal servis sırasında aşırı sıcaklık veya ark ya da kıvılcımları üretmeyen elektrikli cihazların iç ya da dış bölümlerinde bunların meydana gelme ihtimalini daha yüksek bir güvenlik seviyesi ile önleyecek şekilde uygulandığı koruma tipidir.

“i” tipi Kendinden Emniyetli (ia, ib, ic): Bütün devrelerin yapısı itibariyle kendinden emniyetli olduğu elektrikli cihazlardır.

“o” tipi Yağa Daldırma: Elektrikli cihazın ya da parçalarının yağın üzerinde olabilecek veya muhafazanın dışında bulunabilecek patlayıcı bir ortamın ateşlenmeyeceği şekilde yağa batırıldığı koruma tipidir.

“p” tipi Basınçla koruma (Px, Py, Pz): Tutuşturma kaynağı, basınçlı etkisiz bir gaz ile çevrelenerek patlayıcı gaz dışarıda bırakılır.

“q” tipi Toz Doldurma: Tutuşturma kaynağı kuma daldırılarak, patlayıcı gaz dışarıda tutulur.

“n” tipi Sızdırmaz Korunma (nC muhafazalı, nA kıvılcım çıkarmayan, nR kısıtlı hava almalı, nL enerji sınırlamalı, Ex nL yardımcı enerji sınırlamalı): Normal çalışmada elektrikli cihaza, ortamı kaplayan patlayıcı ortamı ateşlemeyeceği veya ateşlemeye sebep olabilecek bir arızanın meydana gelmesinin muhtemel olmadığı durumlarda uygulanan bir koruma tipidir.

“m” tipi Kapsül İçine Alma (ma çok arızalar için kendinden emniyetli, mb tek arızalar için kendinden emniyetli, mc Zone için cihazlar): Patlayıcı bir atmosferi kıvılcım veya ısıtma yolu ile ateşleyebilecek parçaların, bu atmosferin ateşlenmeyeceği şekilde bir bileşimin içerisine yerleştirildiği koruma tipidir.

### 6.2.5. Çevresel koruma IP sınıfı

IP Koruma Sınıfı (Ingress Protection) bir cihazın suya ve toza karşı dayanıklılığını ölçmek ve sınıflandırmak için kullanılan derecelerdir. Genellikle bu IPXY olarak belirtilir. Burada X katı cisimlere (toza) karşı dayanıklılık sınıfını ve Y suya karşı dayanıklılık sınıfını belirtir. Bu değerler Tablo 6.2 ve Tablo 6.3’te açıklanmıştır.

X: Katı cisimler için koruma

**Tablo 6.2.** Katı cisimlere karşı koruma sınıfları

Seviye	Katı cisim büyüklüğüne karşı koruma
0	Korumasız
1	>50 mm
2	>12,5 mm
3	>2,5 mm
4	>1 mm
5	Toza Dayanımlı
6	Toz Geçirmez

Y: Su için koruma

**Tablo 6.3.** Suya karşı koruma sınıfları

Seviye	Suya karşı koruma
0	Korumasız
1	Düşey su damllarına karşı koruma
2	Cihazın gövdesi 15°'lik bir açıda duruyorken düşey su damllarına karşı koruma
3	İnce su damlacıkları serpintisine karşı koruma
4	Sıçrayan suya karşı koruma
5	Fışkıran suya karşı koruma
6	Güçlü su fışkırmalarına (su jeti) karşı koruma
7	Geçici olarak suya batırılmanın etkilerine karşı koruma
8	Sürekli olarak suya batırılmanın etkilerine karşı koruma
9	Yüksek sıcaklıktaki su püskürtmelerine karşı koruma

### 6.3. Dedektör Sayı ve Yerleşim Kriterleri

En basit bir donanımın bile seçimi, kurulumu, hizmete alınması, eğitimi, çalışması ve bakımı sırasında gazların ve buharların özelliklerinin tam olarak dikkate alınmaması

yanlış okumalara yol açar. Bunlar yanlış alarmlara veya yanlış çalışmaya, bu yanlışlar yüzünden yanlış aksiyonlar alınmasına veya arıza alarmlarına neden olur. Bu durum ise insan hayatını ve mülkiyeti gereksiz olarak tehlikeye atmaktadır [15,16]

Bütün gazlar ve buharlar difüzyon vasıtasıyla veya karıştırılırsa tamamen birbirine karışırlar. Ayrıca bazı gazlar ve buharlar karıştırılma işleminde kimyasal olarak birbirleriyle reaksiyona girmektedirler.

Saf gazların yoğunluğu ve buharların etkin yoğunluğu moleküler kütleleriyle orantılıdır. Havanın, 1 olan bağıl yoğunluğuna karşılık gelen eşdeğer moleküler kütlesi yaklaşık olarak 29'dur. Moleküler kütlesi 29'dan daha düşük olan gazların bağıl yoğunluğu 1'den daha düşük olur ve dolayısıyla bu gazlar havadan daha hafiftir. Bağıl yoğunluğu 1'den büyük olan gazlar ise havadan daha ağır olurlar, bu gazlar çukurlara kanallara veya zemin noktasına birikme eğilimi gösterirler [17].

Yayılma ve normal türbülanstaki sıcaklık farklılıklarından dolayı gazlar ve bağıl yoğunlukları 0,8 ile 1,2 arasında olan karışımlar genellikle hava ile benzer bağıl yoğunluğa sahip olduğu kabul edilir ve bu nedenle bu tür gazlar bütün yönlerde yayılma yeteneğine sahiptir.

Buharlar gazlardan daha farklı davranış gösterirler ve bu davranışlar gazlara göre daha karmaşıktır, bu yüzden buharların algılanması gazlardan daha zordur.

Sıvı mevcut olduğu durumda buharlaşma hızı sıcaklık ile artmaktadır. Genel kabul görmüş bir kural olarak sabit basınçta herhangi bir buharın en büyük hacimsel oranı sıvı sıcaklığındaki her 10 K artış için 1,5 ile 2,0 arasında bir faktör kadar artar. Aynı Şekilde her 10 K azalma için ise 1,5'ten 2,0'ye kadar olan bir faktör kadar düşer [18].

Sadece su buharı havadan daha hafiftir, havaya benzer yoğunlukta olan dört buhar vardır (metanol, hidroksilamin, hidrozin ve hidrojen) diğer bütün buharlar havadan ağırdır, bunların çoğu da havadan oldukça ağırdır.

Yüksek parlama noktalı tutuşabilir bir sıvının buharı, ortam sıcaklığı parlama noktasının çok altında ise algılanabilir olmayabilir. Örneğin, ortam sıcaklığı parlama noktasının 60 K altında ise buharın en fazla %1 ile %8 LEL arasına erişebileceği ve daha sonra buhar havaya umuyorsa yavaşça sıvıya yakın olacağı tahmin edilebilir. Ortam sıcaklığının güneşten kaynaklanabilen 30 K artışı için buhar derişimi 8 kata kadar artar [19].



Tutuşabilir gaz için ölçüm dedektörlerinin seçiminde çevresel faktörlere, kullanılacağı alan ile ilgili özelliklere ve amaçlanan uygulamaya dikkat edilmektedir. Dikkat edilecek kriterler aşağıda verilmiştir.

- Algılanması gereken gaz ya da gazlar, karşılaşılabilecek gazların derişimlerinin aralığı ve bundan dolayı gerekli ölçüm aralığı ve doğruluk,
- Potansiyel olarak girişim yapan gazlar ve bunların ortamdaki varlığı,
- Donanımın hangi amaçla kullanılacağı; alan izleme, personel güvenliği, sızıntı algılaması veya diğer amaçlar,
- Donanımın sabit, nakledilebilir veya taşınabilir olmasının gerekli olup olmadığı.
- Yayılma veya emme olmak üzere numune alma sisteminin seçimi,
- Kullanım bölge ya da bölgelerinin sınıflandırılması,
- Kullanım alanlarında karşılaşılabilecek çevresel şartlar,
- Çalışma ortamı ile algılayıcıların malzemeleri, muhafazaları ve bunların uyumluluğu. Örneğin; bakır bileşenler, patlayıcı asetitler oluşturma potansiyelinden dolayı asetilenin mevcut olduğu yere maruz bırakılmamalıdır.
- Sıfır kontrolleri dahil kalibrasyon özellikleri,

Kurulacak olan gaz algılama ve ölçme sistemi, tesisin güvenli olarak çalışması için gerekli minimum reaksiyon sürelerini sağlayacak şekilde tasarlanır. Bunun için aşağıdaki faktörler dikkate alınır.

- Tutuşabilir gazın potansiyel yayılma hızı,
- Algılayıcının tepki süresi,
- Veri iletim hatlarının gecikme süresi,
- Alarm cihazlarının ve anahtarlama devrelerinin gecikme süresi,

Havada yanıcı gazın alt ve üst tutuşma sınırları, sıcaklık, basınç ve oksijen derişimiyle değişir. Bu ortam şartlarındaki normal derişimler donanımın performansını önemli derecede etkilemezler. Ancak, sıcaklığın, basıncın veya oksijenin daha büyük derişimleri bekleniyorsa uygun ürün seçimi için imalatçıya danışmak gereklidir.

### **6.3.1. Serbest kalan gazın davranışını etkileyen faktörler**

Bir tutuşabilir ortamın oluşum hızı ve kapsamı, tutuşabilir malzemenin özellikleri ve gazın serbest kalmasına ait kimyasal ve fiziksel parametreler ile etkilenir.[20]. Aşağıdaki her bir parametrenin etkisi diğer parametrelerin değişmeden kalmış olduğunu kabul eder.

- a. Gaz veya buharın serbest kalma hızı
  - Kaçak noktasının geometrik şekli
  - Kaçak gazın konsantrasyonu
  - Tutuşabilir sıvının uçuculuğu
  - Sıvı sıcaklığı
- b. Tutuşabilme sınırları (LEL)
- c. Havalandırma
- d. Kaçak gazın veya buharın bağıl yoğunluğu
- e. Sıcaklık ve/veya basınç
- f. İklim ve topografik şartlar
- g. Bina dışı yerler ve açık yapılar
- h. Binalar ve kapalı yerler
  - Havalandırması olmayan binalar ve kapalı yerler
  - Havalandırması olan binalar ve kapalı yerler

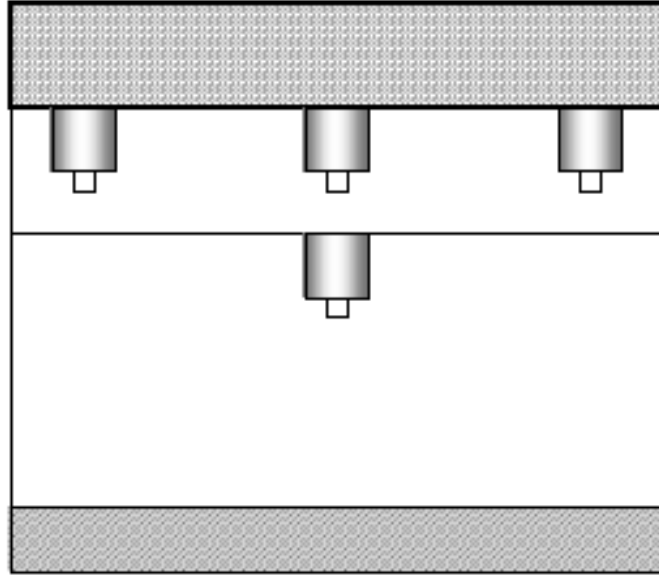
Algılayıcılar gazın tehlikeli birikimlerinin meydana gelebileceği bütün alanlara yerleştirilmelidir. Genel olarak açık yerlerde küçük sızıntılar tehlikeli bir birikmeye sebep olmaksızın dağılıbilir.

İstenmeyen alarmlardan kaçınmak için algılama noktaları normal çalışmada önemsiz küçük sızıntı üretebilen teçhizatlara değil büyük potansiyel serbest kalma kaynaklarına yakın yerleştirilir.

### **6.3.2. Havadan hafif gazlar için gaz dedektörleri yerleşimin pratik modellemesi**

Havadan hafif gazlar için genel dedektör kullanımı, tavadan 30 cm aşağıda olacak şekilde montaj yapmaktır. Ortamda kot farkı olan farklı tavanlar varsa montajlar en

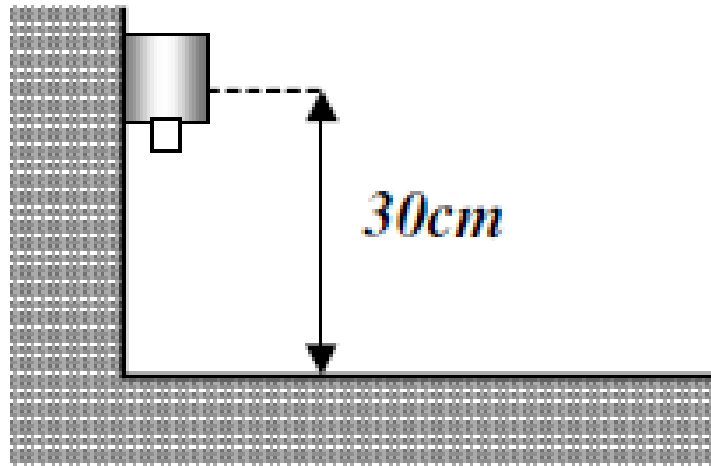
yukarıda olan bölgeye yapılmalıdır [21]. Bazı dedektörler alt kotta bulunan tavana konulabilir. Bu durum Şekil 6.1’de gösterilmiştir.



**Şekil 6.1.** Havadan hafif gazlar için gaz dedektör yerleşimi

### 6.3.3. Havadan ağır gazlar için gaz dedektörleri yerleşimin pratik modellemesi

Havadan ağır gazlar için genel dedektör kullanımı tavan seviyesinden 30 cm yukarıda olacak şekilde montaj yapılmasıdır. Bu örnek Şekil 6.2’de gösterilmiştir. Dedektör montajı kolonlara yapılabilir. En az bir dedektör muhtemel sızıntı kaynağına yakın şekilde konumlandırılmalıdır [21].



**Şekil 6.2.** Havadan ağır gazlar için gaz dedektör yerleşimi



## **7. METAN GAZININ DENEYSEL OLARAK DAVRANISININ İNCELENMESİ**

Havadan hafif gazların deneysel birikme davranışını inceleyebilmek için örnek gaz olarak Metan seçilmiştir. Metan gazını kapalı ortam analizi için test kabini tasarlanmış ve üretilmiştir. Sekiz adet endüstriyel gaz dedektörü kabin içerisine yerleştirilmiş ve değişik şartlar altında davranışı aşağıda verildiği gibi incelenmiştir.

### **7.1. Deney Koşulları**

Testlerin gerçekleştirilebilmesi için 80 cm x 80 cm x 150 cm ölçülerinde bir test kabini tasarlanmıştır. Farklı seviyelerdeki gaz birikmesinin ölçülebilmesi için kabin içerisine 8 adet Prosense marka ve PQD 3125 model endüstriyel gaz dedektörü yerleştirilmiştir.

Ölçümlerin farklı noktalardan yapılabilmesi amacıyla Gaz Dedektörleri, kabin içerisi için tasarlanan özel bir kaide üzerine konumlandırılmıştır.

Havalandırmanın gaz birikmesine olan etkisini incelemek amacıyla kabin içerisine taban noktasından 28 cm yüksekliğe ve tavan noktasının 21 cm aşağısına dört adet fan yerleştirilmiştir.

Sistem enerjisinin sağlanması, gaz giriş kontrolünün yapılması ve dedektörlerden gelen gaz konsantrasyon verilerinin bilgisayara aktarılması için Sekil 7.1’de görülen otomasyon paneli tasarlanmış ve üretilmiştir.



**Şekil 7.1.** Otomasyon paneli

Gaz Dedektörleri, Modbus haberleşme protokolü kullanılarak birbirlerine seri olarak bağlanmış ve tasarlanan yazılım üzerinden veriler bilgisayara aktarılmıştır. Gaz dedektörlerinin tasarlanıp üretilen kaide üzerine yerleşimi ve Modbus bağlantıları Şekil 7.2’de görüldüğü şekilde yapılmıştır.



**Şekil 7.2.** Dedektör Modbus bağlantı yapısı

### 7.1.1. Dedektör konumları

Deney kapsamında havadan hafif test gazı olarak Metan seçilmiş olduğu için Gaz Dedektörleri yerleşimi kabinin orta noktasından başlanarak tavana doğru yapılmıştır. 65 cm ile 115 cm yükseklikleri arasında her 10 cm’de bir gaz dedektörü yerleştirilmiştir. Ayrıca 122 cm ve 143 cm yüksekliklerine de 1’er adet Gaz Dedektörü yerleştirilmiştir. Gaz dedektörlerin kabin içindeki konumları Tablo 7.1’de ve test kabini içerisindeki görünüşleri Şekil 7.3’te gösterilmiştir.

**Tablo 7.1.** Kabin içi Gaz Dedektör konumları

Gaz Dedektörü Yerleşimi	
1. Dedektör	65 cm
2. Dedektör	75 cm
3. Dedektör	85 cm
4. Dedektör	95 cm
5. Dedektör	105 cm
6. Dedektör	115 cm
7. Dedektör	122 cm
8. Dedektör	143 cm



**Şekil 7.3.** Dedektörlerin deney kabinindeki konumları

### 7.1.2. Gaz akış hızı

TS EN 60079-10-1 standardında gazların yapı içerisinde birikmesini etkileyen faktörlerden biri olarak kaçan gazın konsantrasyonu tanımlanmıştır. Gaz konsantrasyonunun birikme konumu üzerindeki etkisini incelemek için testler 30 %LEL (1,5 Vol) ve 50 %LEL (2,25 Vol) olmak üzere iki farklı gaz konsantrasyonu ile gerçekleştirilmiştir.

Aynı standartta farklı bir faktör olarak tanımlanan Gaz kaçak hızının etkisini ölçebilmek için ayarlanabilir regülatörler kullanılmıştır. Regülatörler ile kaçak hızı Tablo 7.2’de görüldüğü gibi 0,5 lt/dk, 2 lt/dk, 4 lt/dk, 8 lt/dk, 10 lt/dk, 15 lt/dk, 20 lt/dk ve 25 lt/dk olarak ayarlanmıştır.

**Tablo 7.2.** Kullanılan gazlar ve akış miktarı

30 %LEL		50 %LEL	
0,5	lt/dk	0,5	lt/dk
2	lt/dk	4	lt/dk
10	lt/dk	8	lt/dk
15	lt/dk	10	lt/dk
20	lt/dk	15	lt/dk
25	lt/dk	20	lt/dk
		25	lt/dk

TS EN 60079-10-1 standardına göre yapılan patlayıcı bölge hesaplamalarında kullanılan parametrelerden biri olan havalandırma kriteri testler sırasında değerlendirilmiştir. Deney odasının altında ve üstünde havalandırmayı sağlamak için fanlar yerleştirilmiş ve gaz kaçağı sonucu oluşacak birikme fanlar çalışırken ve çalışmazken iki ayrı koşulda da ölçülmüştür.

## 7.2. Deney Verileri

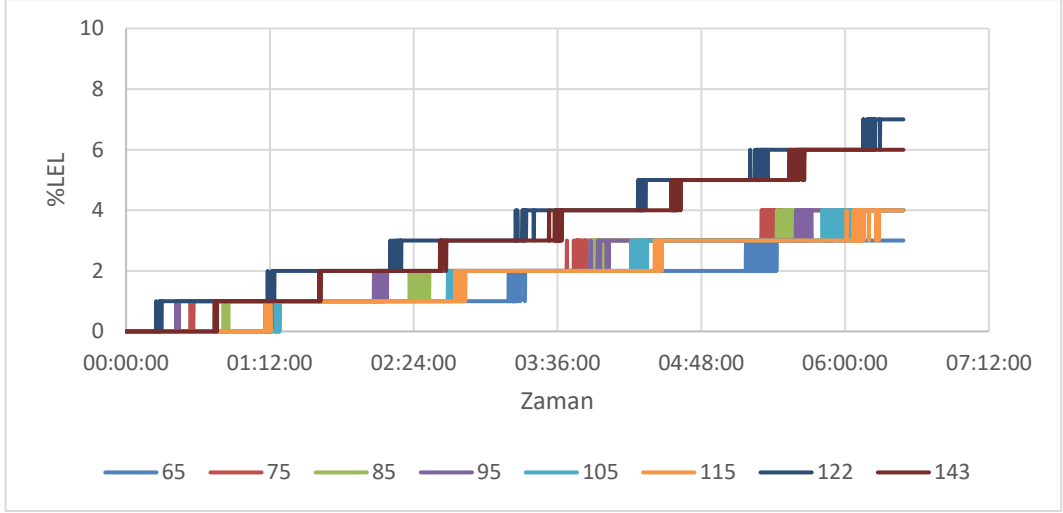
### 7.2.1. Konum karşılaştırması

#### 7.2.1.1. 30 %LEL metan gazı salındığında toplanan ölçüm verileri

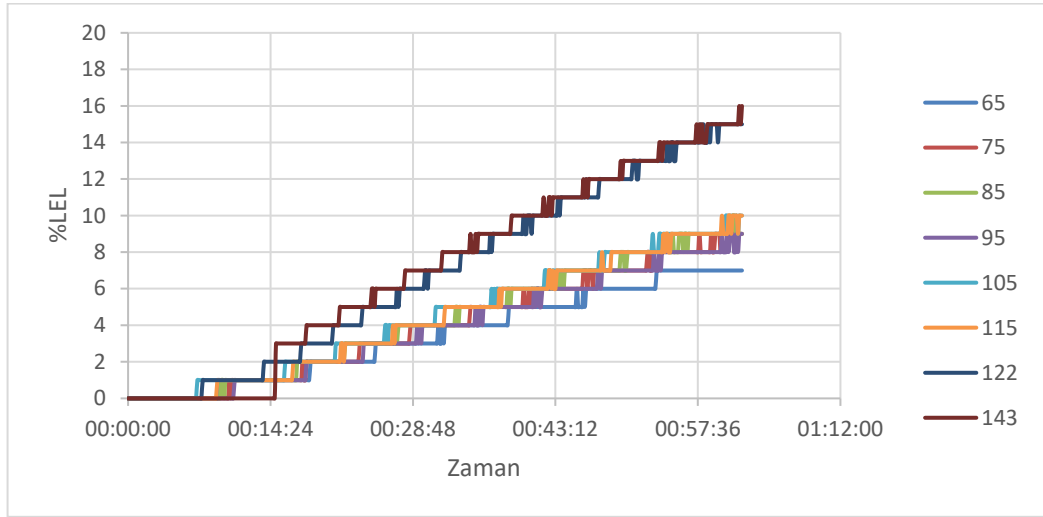
Deney odası içine 30 %LEL Metan gazı Tablo 7.2’de gösterilen akış hızları ile sırasıyla uygulanmıştır. Oda içerisinde bulunan Gaz Dedektörlerinin farklı akış hızlarına bağlı olarak ölçülen gaz konsantrasyonları ve algılama süreleri verileri toplanmıştır.

Her bir akış hızına göre düzenlenen verilerle aşağıdaki grafikler oluşturulmuştur.

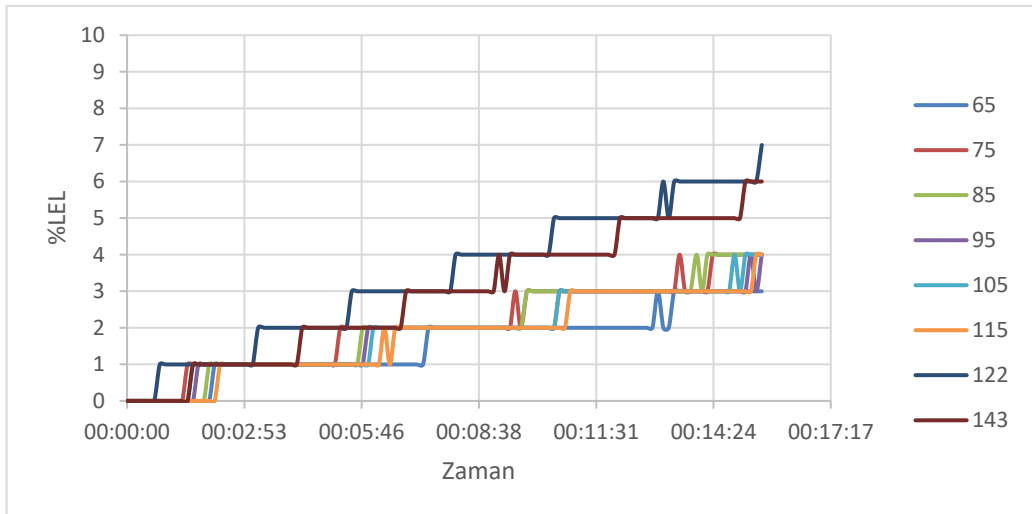




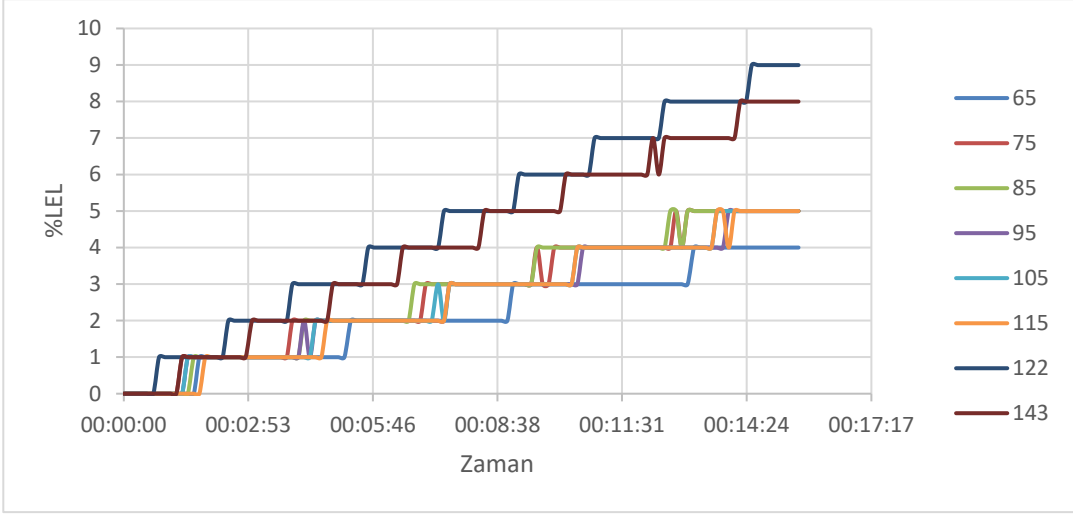
Şekil 7.4. 30 %LEL 0,5 lt/dak gaz akışı için dedektör tepkileri



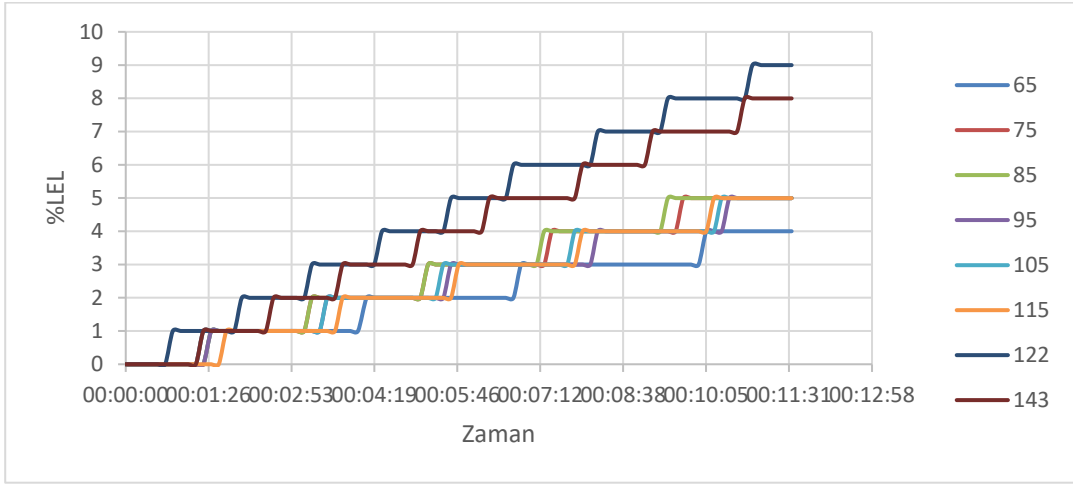
Şekil 7.5. 30 %LEL 2 lt/dak gaz akışı için dedektör tepkileri



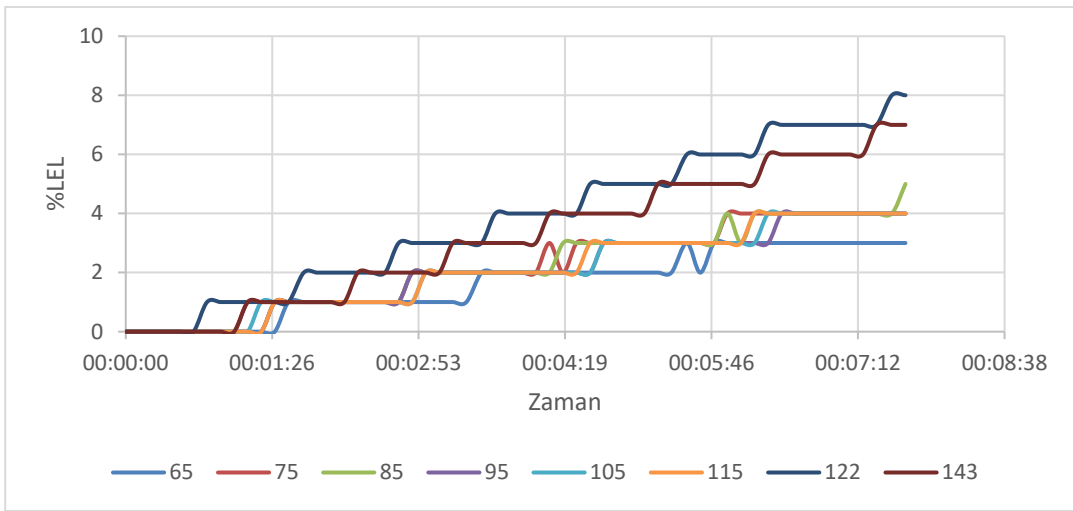
Şekil 7.6. 30 %LEL 10 lt/dak gaz akışı için dedektör tepkileri



Şekil 7.7. 30 %LEL 15 lt/dak gaz akışı için dedektör tepkileri



Şekil 7.8. 30 %LEL 20 lt/dak gaz akışı için dedektör tepkileri



Şekil 7.9. 30 %LEL 25 lt/dak gaz akışı için dedektör tepkileri

Bu verilere göre dedektörlerin algılama performansı değerlendirilmiş ve ortalama performans değerlerine göre sıralama oluşturulmuştur. Tablo 7.3 bu sıralama ve ortalama değerleri göstermektedir:

**Tablo 7.3.** Dedektörlerin farklı akış hızlarında 30 %LEL gaz algılama performans verileri

Dedektör	25lt Avg	20lt Avg	15lt Avg	10lt Avg	2lt Avg	0,5lt Avg	25lt Sıra	20lt Sıra	15lt Sıra	10lt Sıra	2lt Sıra	0,5lt Sıra	Avg Sıra	Performans Sıralaması
65 cm	1,62	2,07	2,15	1,55	3,42	1,49	8	8	8	8	8	8	8,00	8
75 cm	2,17	2,70	2,78	2,05	3,96	2,17	3	4	4	3	6	3	3,83	3
85 cm	2,14	2,72	2,79	1,98	4,22	2,05	4	3	3	4	5	5	4,00	4
95 cm	2,02	2,49	2,59	1,85	3,83	2,13	7	6	6	6	7	4	6,00	6
105 cm	2,03	2,56	2,62	1,88	4,49	1,81	6	5	5	5	3	6	5,00	5
115 cm	2,05	2,48	2,56	1,77	4,35	1,76	5	7	7	7	4	7	6,17	7
122 cm	3,79	4,61	4,73	3,38	6,84	3,47	1	1	1	1	2	1	1,17	1
143 cm	3,17	3,99	4,14	2,86	7,07	3,10	2	2	2	2	1	2	1,83	2

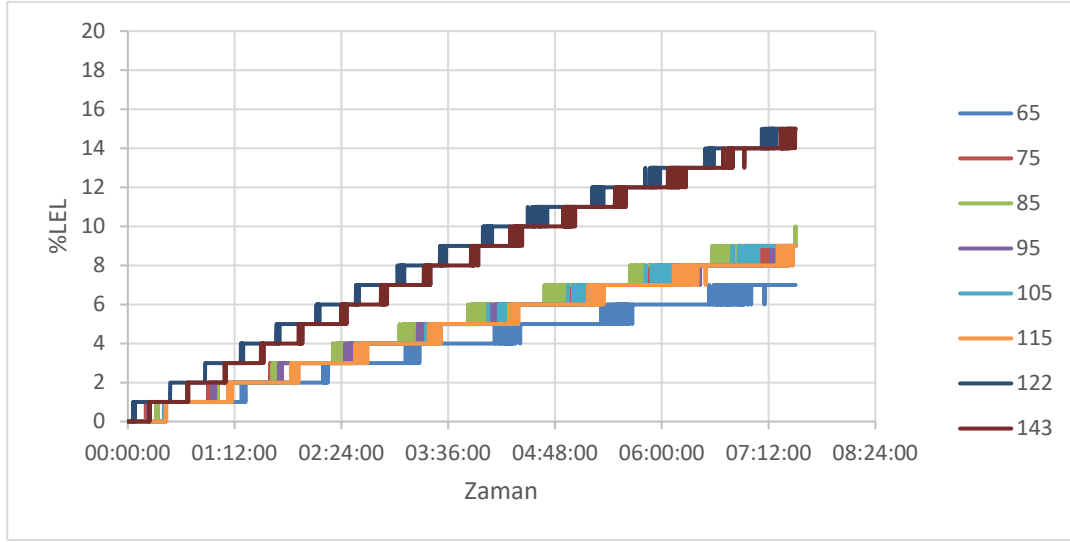
Veriler ve grafikler incelendiğinde aşağıdaki sonuçlara varmak mümkün olacaktır.

1. 122 cm yüksekliğinde bulunan dedektör kaçak gazı en yüksek oranda tespit ederek en iyi algılama performansını göstermiştir. Bu bakımdan en yoğun gaz birikiminin bu bölgede oluştuğu söylenebilir.
2. 143 cm yüksekliğinde bulunan dedektör ikinci en iyi algılama performansını göstermiştir.
3. 65 cm yüksekliğinde bulunan dedektör gazı en düşük değerde tespit ederek en kötü algılama performansını göstermiştir. Ölçüm yapılan yükseklikler arasında en az gaz birikiminin bu bölgede oluştuğu söylenebilir.
4. 75 cm yüksekliğinde biriken gaz miktarının 115 cm yüksekliğinde biriken gaz seviyesinden daha fazla olduğu görülmüştür. Bu durum gazların belirli bir noktada değil, her yükseklikte farklı birikme eğilimi içerisinde olduğunu göstermiştir.
5. Gazın akış hızı arttırıldıkça dedektörlerin 5 %LEL gaz konsantrasyonunu okuma süresi kısalmıştır.
6. Havadan hafif olan Metan gazı tamamen tavan seviyesinde değil, ilk dedektörün yerleştirilmiş olduğu 65 cm yüksekliğinden itibaren bütün seviyelerde ölçülebilmektedir.

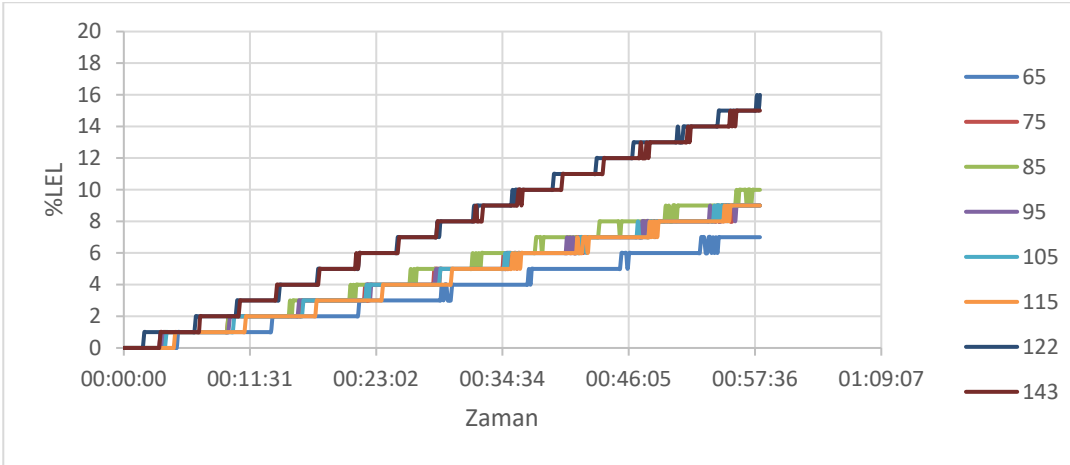
7. Havadan hafif olan Metan gazı tam olarak tavan seviyesinde değil tavanın 28 cm altında daha yoğun bir biçimde biriktiği izlenmiştir.

### 7.2.1.2. 50 %LEL metan gazı salındığında toplanan ölçüm verileri

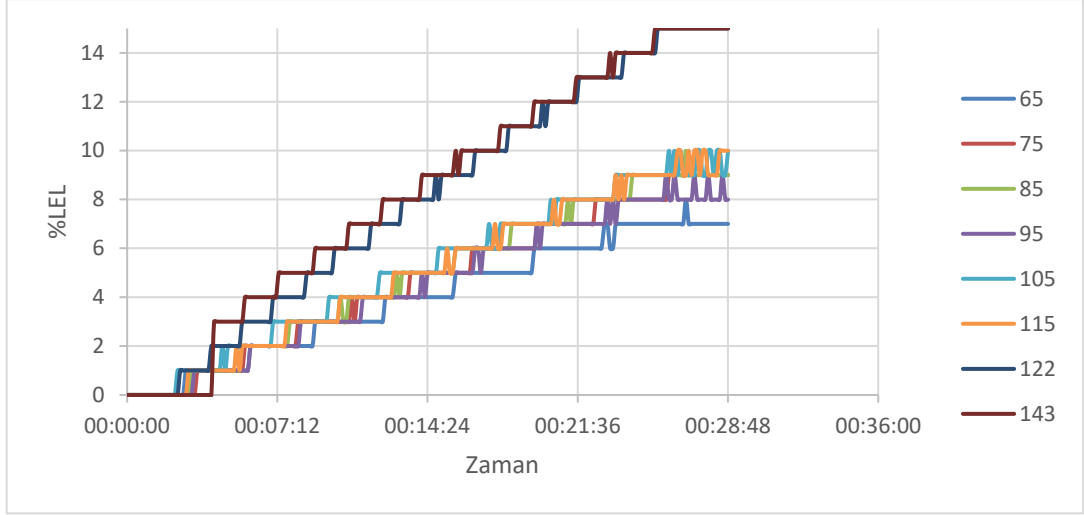
Deney odası içine 50 %LEL gaz farklı akış hızlarında uygulanmış ve gazın hangi dedektörler tarafından nasıl algılandığına dair ölçüm verileri toplanmıştır.



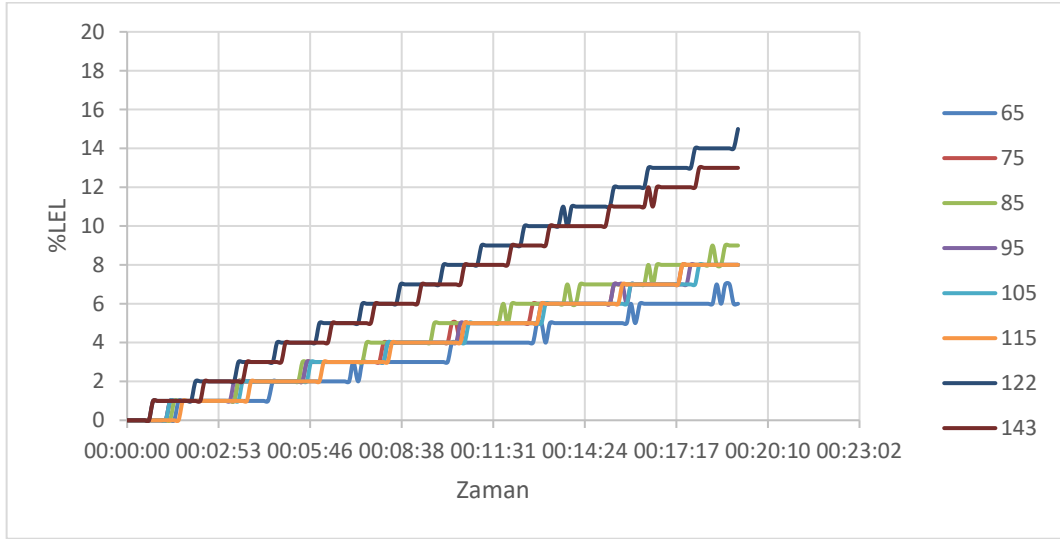
Şekil 7.10. 50 %LEL 0,5 lt/dak gaz akışı için dedektör tepkileri



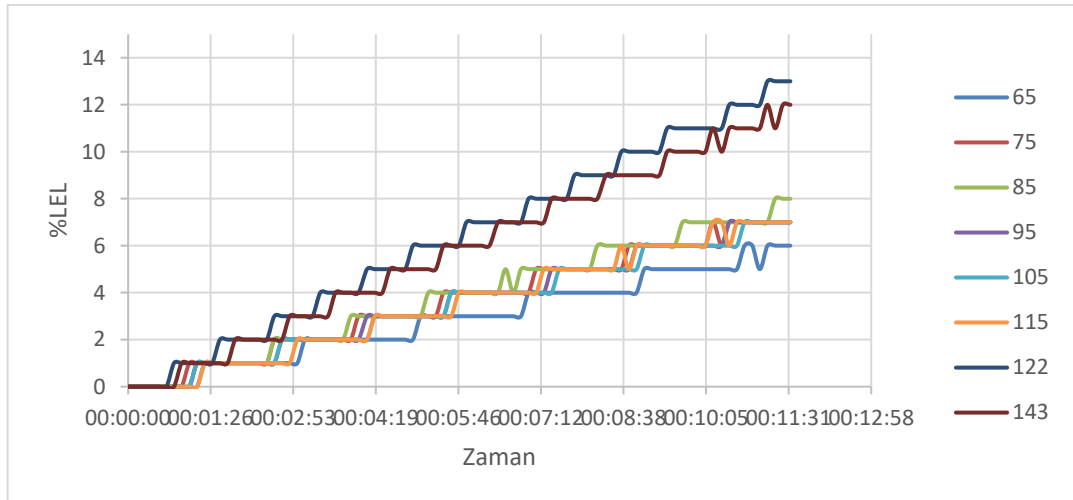
Şekil 7.11. 50 %LEL 4 lt/dak gaz akışı için dedektör tepkileri



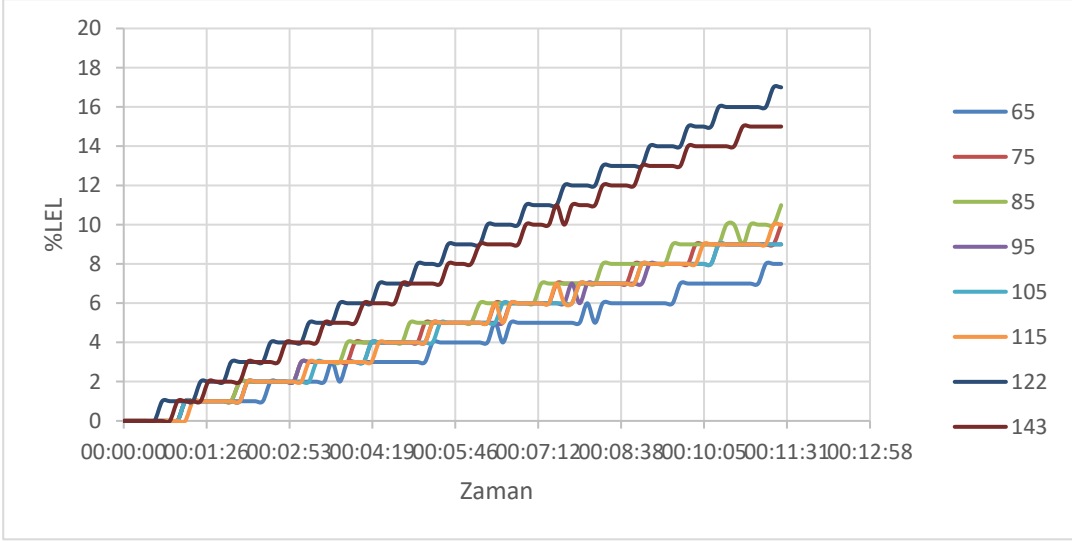
Şekil 7.12. 50 %LEL 8 lt/dak gaz akışı için dedektör tepkileri



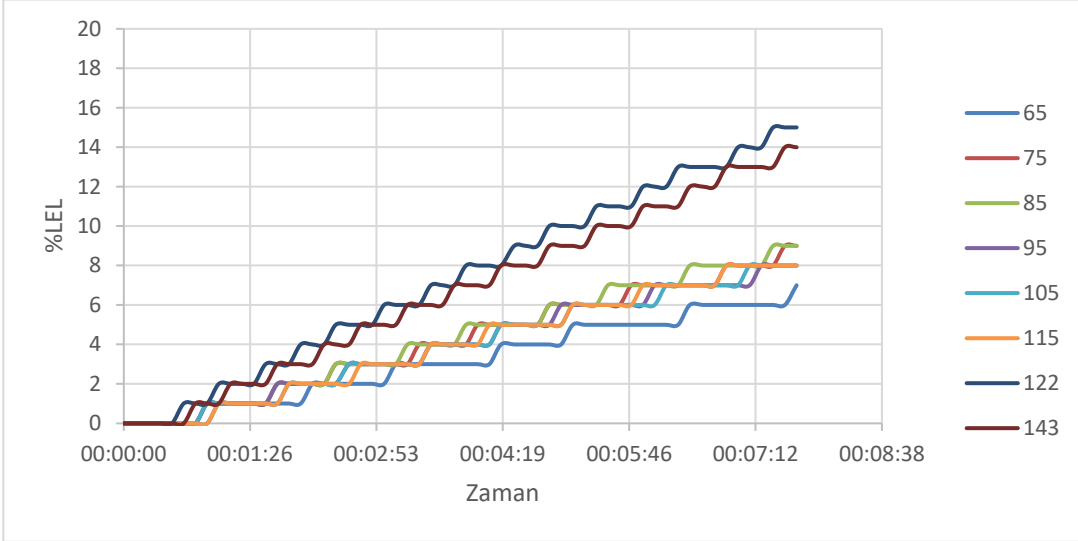
Şekil 7.13. 50 %LEL 10 lt/dak gaz akışı için dedektör tepkileri



Şekil 7.14. 50 %LEL 15 lt/dak gaz akışı için dedektör tepkileri



**Şekil 7.15.** 50 %LEL 20 lt/dak gaz akışı için dedektör tepkileri



**Şekil 7.16.** 50 %LEL 25 lt/dak gaz akışı için dedektör tepkileri

**Tablo 7.4.** Dedektörlerin farklı akış hızlarında 50%LEL gaz algılama performans verileri

Dedektör	25lt Avg	20lt Avg	15lt Avg	10lt Avg	8lt Avg	4lt Avg	0,5lt Avg	25lt Sıra	20lt Sıra	15lt Sıra	10lt Sıra	8lt Sıra	4lt Sıra	0,5lt Sıra	Avg Sıra	Performans Sıralaması
65 cm	3,17	3,81	2,89	3,30	3,92	3,47	3,83	8	8	8	8	8	8	8	8,00	8
75 cm	4,19	4,84	3,63	4,15	4,59	4,55	4,98	4	5	4	4	6	5	4	4,57	4
85 cm	4,33	5,08	3,83	4,40	4,83	4,91	5,06	3	4	3	3	5	3	3	3,43	3
95 cm	3,98	4,66	3,54	4,11	4,43	4,56	4,76	6	6	5	5	7	4	6	5,57	6
105 cm	3,95	4,65	3,48	4,03	5,12	4,52	4,77	7	7	7	7	3	6	5	6,00	7
115 cm	4,00	4,71	3,52	4,03	4,96	4,39	4,63	5	3	6	6	4	7	7	5,43	5
122 cm	7,38	8,48	6,34	7,28	7,90	7,65	8,43	1	1	1	1	2	1	1	1,14	1
143 cm	6,69	7,71	5,79	6,74	8,20	7,52	7,91	2	2	2	2	1	2	2	1,86	2

Veriler ve grafikler incelendiğinde aşağıdaki sonuçlara varmak mümkün olacaktır.

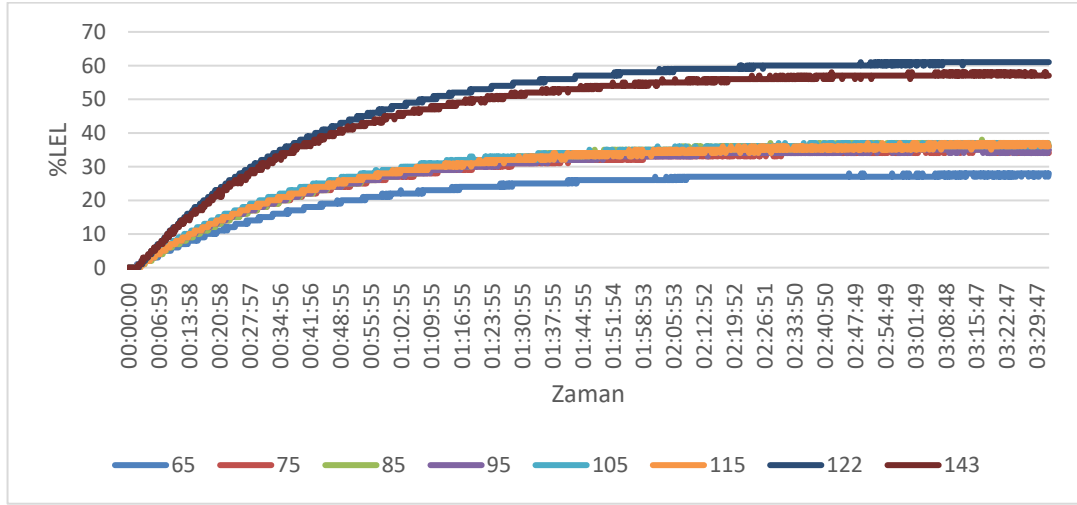
1. 122 cm yüksekliğinde bulunan dedektör en iyi algılama performansını göstermiştir. Bu bakımdan en yoğun gaz birikiminin bu bölgede olduğu söylenebilir.
2. 143 cm yüksekliğinde bulunan dedektör ikinci en iyi algılama performansını göstermiştir.
3. 65 cm yüksekliğinde bulunan dedektör en kötü algılama performansını göstermiştir. Ölçüm yapılan yükseklikler arasında en az gaz birikiminin bu bölgede olduğu söylenebilir.
4. 75 cm yüksekliğinde biriken gaz miktarının 115 cm yüksekliğinde biriken gaz seviyesinden daha fazla olduğu görülmüştür. Bu durum gazların belirli bir noktada değil, her yükseklikte farklı birikme eğilimi içerisinde olduğunu göstermiştir.
5. 30 %LEL konsantrasyonunda en kötü ikinci performansı gösteren 115 cm yüksekliğindeki dedektör, 50 %LEL konsantrasyonunda daha iyi bir performans sergilemiştir. Bu sonuca bağlı olarak gaz konsantrasyonu yükseldikçe gazın tavana daha yakın birikme eğilimi gösterdiği sonucu çıkartılabilir.
6. 122 cm yüksekliğinde bulunan ve en iyi performansı gösteren dedektör 30 %LEL konsantrasyonuna göre genel performansında bir miktar iyileşme görülmüştür. Bu durum gaz konsantrasyonu arttıkça 122 cm seviyesindeki birikimin arttığı şeklinde değerlendirilebilir.
7. Gazın akış hızı arttırıldıkça dedektörlerin 5 %LEL gaz konsantrasyonunu okuma süresi kısalmıştır.
8. Havadan hafif olan Metan gazı tamamen tavan seviyesinde değil, ilk dedektörün yerleştirilmiş olduğu 65 cm yüksekliğinden itibaren bütün seviyelerde ölçülebilmektedir.
9. Havadan hafif olan Metan gazı tam olarak tavan seviyesinde değil tavanın 28 cm altında daha yoğun bir biçimde biriktiği izlenmiştir.

### **7.2.2. Gaz akış hızının gaz birikmesine etkisi**

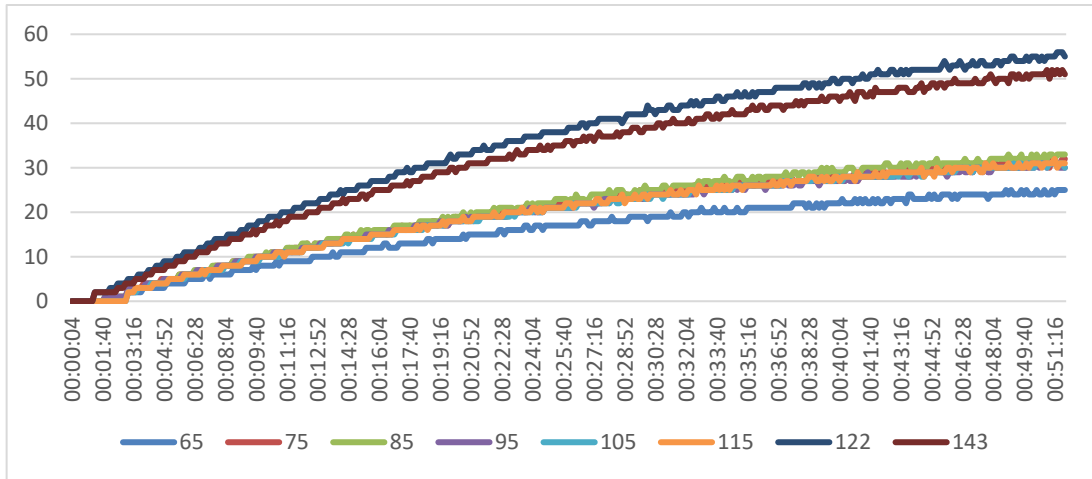
Farklı akış hızında salınan gazın yayılma ve birikme davranışının anlaşılabilmesi için 50 %LEL derişiminde gaz 15 lt/dak ve 25 lt/dak akış hızında deney odasına salınmıştır.



Bu sırada dedektörlerin algılama verileri toplanarak gazın nerelerde biriktiği anlaşılmaya çalışılmıştır.



Şekil 7.17. 50 %LEL Metan gazı 15 lt/dak akış hızında salındığındaki ölçüm verileri

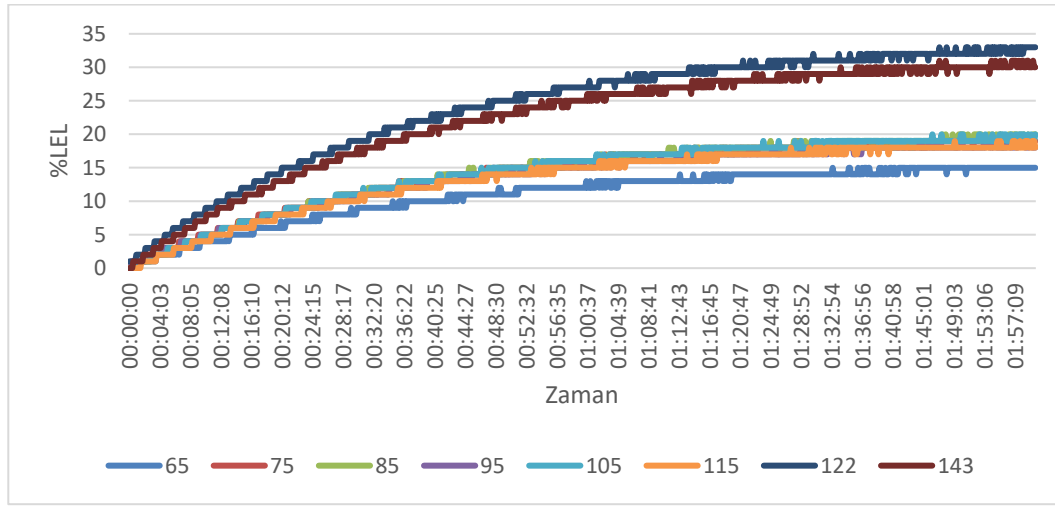
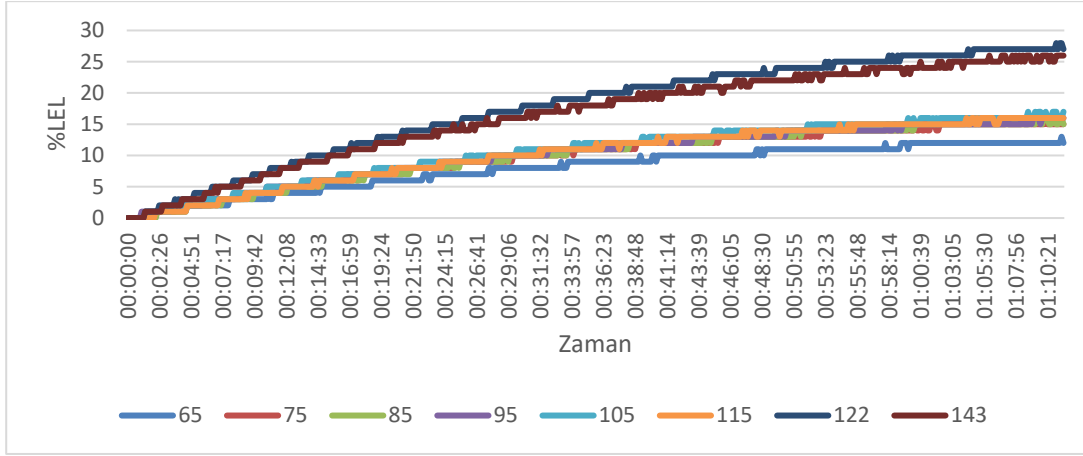


Şekil 7.18. 50 %LEL Metan gazı 25 lt/dak akış hızında salındığındaki ölçüm verileri

### 7.2.3. Havalandırma etkisi

Kapalı bir ortamda havalandırma olup olmamasının hava akışını ve gaz birikmesini nasıl etkilediğini anlayabilmek için deney odasının alt ve üst bölgesine dört adet fan konularak hava akışı oluşturulmuştur. Fanların konumu şekil 7.3'te gösterilmiştir.

Fanlar çalışır durumda iken ve fanlar çalıştırılmadan 20 lt/dak akış hızında gaz salınmış ve dedektörlerden algılama verileri toplanmıştır. 30 %LEL gaz kullanılarak toplanan veriler aşağıda sunulmuştur.



Dedektör konumlarına göre toplanan algılama farkları tabloda sunulmuştur:

**Tablo 7.5.** Dedektörlerin gaz algılayışında fan etkisiyle oluşan gecikmeler

Dedektör konumu	Koşullar	10 %LEL Süresi	5 %LEL Süresi	Fark	15 %LEL Süresi	10 %LEL Süresi	Fark	20 %LEL Süresi	15 %LEL Süresi	Fark	25 %LEL Süresi	20 %LEL Süresi	Fark
143 cm	Fansız:	00:15:22	00:07:01	00:08:21	00:26:41	00:15:22	00:11:19	00:40:58	00:26:41	00:14:17	01:03:05	00:40:58	00:22:07
	Fanlı:	00:13:37	00:05:56	00:07:41	00:23:18	00:13:37	00:09:41	00:36:46	00:23:18	00:13:28	00:56:18	00:36:46	00:19:32
	Fark:			00:00:40			00:01:38			00:00:49			00:02:35
122 cm	Fansız:	00:13:53	00:06:28	00:07:25	00:23:19	00:13:53	00:09:26	00:35:18	00:23:19	00:11:59	00:54:03	00:35:18	00:18:45
	Fanlı:	00:11:36	00:04:43	00:06:53	00:20:12	00:11:36	00:08:36	00:31:47	00:20:12	00:11:35	00:48:05	00:31:47	00:16:18
	Fark:			00:00:32			00:00:50			00:00:24			00:02:27
115 cm	Fansız:	00:27:37	00:11:52	00:15:45	00:55:40	00:27:37	00:28:03						
	Fanlı:	00:26:48	00:10:55	00:15:53	00:55:22	00:26:48	00:28:34						
	Fark:			00:00:08			00:00:31						
105 cm	Fansız:	00:26:41	00:10:39	00:16:02	00:52:34	00:26:41	00:25:53						
	Fanlı:	00:24:31	00:09:50	00:14:41	00:48:05	00:24:31	00:23:34						
	Fark:			00:01:21			00:02:19						
95 cm	Fansız:	00:27:53	00:10:39	00:17:14	00:59:18	00:27:53	00:31:25						
	Fanlı:	00:25:11	00:09:26	00:15:45	00:53:21	00:25:11	00:28:10						
	Fark:			00:01:29			00:03:15						
85 cm	Fansız:	00:29:14	00:12:16	00:16:58	01:00:15	00:29:14	00:31:01						
	Fanlı:	00:24:55	00:09:34	00:15:21	00:49:26	00:24:55	00:24:31						
	Fark:			00:01:37			00:06:30						
75 cm	Fansız:	00:29:31	00:11:35	00:17:56	01:02:08	00:29:31	00:32:37						
	Fanlı:	00:25:03	00:09:10	00:15:53	00:49:02	00:25:03	00:23:59						
	Fark:			00:02:03			00:08:38						
65 cm	Fansız:	00:40:33	00:14:49	00:25:44									
	Fanlı:	00:36:46	00:13:21	00:23:25									
	Fark:			00:02:19									

Fanın etkisi odanın boyutuna, gaz ve hava hareketine göre farklılık gösterebilir. Deney sonuçlarına göre algılama sürelerine olumlu yönde etkisi olmuştur ancak her ortam koşulunda olumlu veya olumsuz yönde etkileyeceği kesin değildir.

Kapalı ortamlarda, mahal için hava sirkülasyonu algılamayı olumlu yönde veya olumsuz yönde etkileyebilir, açık alanlarda gaz seyreceğinden olumsuz etki muhtemeldir.

Fanın en az etki gösterdiği yükseklik 122 cm (h-28cm) olmuştur. Fanın olumsuz etki gösterdiği tek yükseklik (h-35cm) olmuştur. Dedektör yüksekliği azaldıkça fanın algılama hızına etkisi olumlu yönde artmıştır.

Bu sonuçlara göre fanın gazı dağıttığı, daha alçak noktalara ulaşmasını sağladığı, hava akışından en az etkilenen bölümün 28-35 cm tavandan alçakta bulunduğu anlaşılmaktadır.

### **7.3 Sonuç ve Tartışmalar**

Havadan hafif patlayıcı gazlara örnek olmak üzere Metan gazinin kapalı ortamlarda birikme davranışının deneysel olarak incelenebilmesi için temelde üç farklı senaryo oluşturulmuştur. Üç farklı senaryoda, deney odasına değişik konsantrasyon ve akış hızlarıyla 17 farklı gaz kaçağı birikimi izlenmiştir.

İlk olarak deney odasına 30 %LEL ve 50 %LEL konsantrasyonlarında ve farklı akış hızlarında gaz salınımı gerçekleştirilerek 13 farklı sonuç kayıt altına alınarak izlenmiştir.

İkinci senaryoda havadan hafif patlayıcı gazların uzun süreli kaçağı halinde birikme eğilimi incelenmek istenmiş ve 50 %LEL konsantrasyonunda gaz 15 lt/dk ve 25 lt/dk akış hızıyla ortama salınmıştır.

Üçüncü ve son senaryoda ise ortamdaki havalandırmanın patlayıcı gaz kaçağı birikme davranışına etkisi izlenmek istenmiştir. Bu senaryoda öncelikle 30 %LEL konsantrasyonundaki gaz 20 lt/dk akış hızıyla ortama salınıp veriler toplanmıştır. Deney odasındaki fanlar çalıştırılarak gaz konsantrasyonu ve akış hızı değiştirilmeden veriler tekrar toplanmıştır.

Oluşturulan üç senaryo ve yapılan 17 deneyin ardından çıkarılan sonuçları şu şekilde özetleyebilmek mümkündür.

Havadan hafif metan gazı Latince kelime anlamına uygun olarak kapalı ortamdaki dağılımını kaotik bir şekilde ve öngörülemez olarak yapmıştır. Bu öngörülemezliğin pratik olarak tespit edilmesi yangın güvenlik standartlarından farklı olarak gaz dedektörleri yerleşim standardının olamayışını açıklamıştır.

Birinci senaryo kapsamında yürütülen testlerde, gaz kaçağı akış hızı arttıkça 5 %LEL konsantrasyonu okuma süresinin kısaldığı görülmüştür. Havadan hafif metan gazının tavan seviyesine en yakın noktada birikmesi beklenirken en erken ve yoğun birikme 122 cm seviyesinde (tavanın 28 cm altında) olmuştur. Bununla birlikte 65 cm de bulunan ilk dedektörden itibaren gaz birikmesi izlenmiştir. 65 cm ve 143 cm arasında gaz birikmesi ise lineer bir şekilde dağılmamıştır. Örneğin 75 cm seviyesindeki gaz birikmesi tutarsız bir şekilde 115 cm seviyesinden daha hızlı ve yoğun şekilde gerçekleşmiştir. Bu sonuçlar 30 %LEL ve 50 %LEL konsantrasyonu ile tekrarlanan gazlar için tutarlılık göstermiştir.

İkinci senaryo kapsamında yürütülen uzun dönemli testlerin sonucu birinci senaryoda yürütülen test sonuçlarıyla tutarlılık göstermiştir. Daha uzun süreli gaz kaçağı modellemelerinde özellikle 122 cm ve 143 cm yüksekliklerinde gaz birikmesi sonuçları birbirine yakınlaşmıştır. Daha aşağıda ise 75 cm, 85 cm, 95 cm, 105 cm ve 115 cm yüksekliklerinde gaz birikmesi sonuçları birbirine yaklaşmıştır. Son olarak 65 cm seviyesinde ise ayrı bir sonuç yaratmıştır. 15 lt/dk hızla modellenen gaz kaçağı grafiği üstel bir hızla oluşmuşken 25 lt/dk hızla modellenen gaz kaçağı grafiği daha lineer bir şekilde oluşmuştur.



## KAYNAKLAR

- [1] Karataş, Ö. “Endüstriyel Tesislerde Patlayıcı Yanıcı ve Zehirli Gazlar İçin Gaz Algılama Sistemleri”, “Atex Parlayıcı ve Patlayıcı Ortamlarda Güvenlik Sempozyumu”, 2011 Bildiriler Kitabı Sayfa 151, 152, 153,154, 155, 156, 157, 158
- [2] Daisuke N., Maiko N., Toshio I., Tsutomu K., Kazuo S., Woosuck S., "Ppm level methane detection using micro-thermoelectric gas sensors with Pd/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> combustion catalyst films"
- [3] Yue L., Bo Z., Chao M., “A comparative study of optimization models for the gas detector placement in process facilities”
- [4] Karataş, Ö. “Patlayıcı Gaz Ortamlarında Gaz Dedektörlerinin Seçim, Montaj, Kullanım ve Bakımı”, “3. Atex Parlayıcı ve Patlayıcı Ortamlarda Güvenlik Sempozyumu”, 2015, Bildiriler Kitabı Sayfa 151,152,153,154,155,156
- [5] TS EN 60079-10-1 Patlayıcı ortamlar – Bölüm 10-1: Alanların sınıflandırılması – Patlayıcı gaz ortamları
- [6] TS EN 60079-29-1 Elektrikli cihazlar- Patlayıcı ortamlarda kullanılan- Bölüm 29-1: Gaz dedektörleri- Tutuşabilir gazlar için dedektörlerin performans özellikleri
- [7] A.J. Benavides-Serrano, M.S. Mannan, C.D. Laird “A quantitative assessment on the placement practices of gas detectors in the process industries”
- [8] Amirhosein R., Davood R., Mohammad Hosein Eghbal A., “Optimum placement of gas detectors considering voting strategy with different detection set points”
- [9] TS EN 60079-29-2 Patlayıcı gaz ortamları- Bölüm 29-2: Gaz dedektörleri- Alevlenebilir gazlar ve oksijen dedektörlerinin seçim, montaj, bakımı
- [10] Boxuan Y., Zheng Z., Chen T., Wenjing Y., Zhongqiu H., Shurui F., Yi W., Xuemin T., “Selective detection of methane by HZSM-5 zeolite/Pd-SnO<sub>2</sub> gas sensors”
- [11] Ruijie W., Liang T., Hao L., Huabin L., Jiabin L., Xuemin T., Zhongqiu H., Yi W., Shurui F., “A selective methane gas sensor based on metal oxide semiconductor equipped with an on-chip microfilter”
- [12] Jingfan W., Lyne P. T., Arvind P. R., Mike M., Clay S., Daniel Z., Silvio S., Adam R., “Machine vision for natural gas methane emissions detection using an infrared camera”
- [13] Karataş, Ö. “Gaz Algılama Sistemleri Kapsama Alanının SIF SIL derecesine etkisi”, “4. Atex Patlayıcı Ortamlarda Güvenlik Sempozyumu”, 2017, Bildiriler Kitabı 119, 120,121, 122, 123, 124, 125, 126, 127, 128, 129

- [14] Jiahua Y., Huixian L., Aohua H., Xiaopeng D., “Cascaded high-density multipoint gas detection with branched gas chambers”
- [15] Cancan Z., Bo Z., Chao M., Zhicheng C., Lin S., “Multi-objective optimization considering cost-benefit ratio for the placement of gas detectors in oil refinery installations”
- [16] Cancan Z., Bo Z., Shen Q., Chao M.” A stochastic programming approach for the optimization of gas detector placement in offshore platforms”
- [17] Lin S., Xi C., Bo Z., Chao M., Cancan Z., “Optimization of gas detector placement considering scenario probability and detector reliability in oil refinery installation”
- [18] Karataş, Ö. “Gaz ve Yangın Algılama Sistemlerinin Emniyet Donanımlı Sistemlerle (SIS) İlişkisi”, “V. Yapı Elektronik Sistemleri Sempozyumu”, 2019  
<http://tesisatkongresi.org/download/v-yapi-elektronik-sistemleri-sempozyumu-taslak-program-2019/?wpdmml=5394&refresh=5d9c445681c6a1570522198>
- [19] Ahmad Muzammil I., Risza R., Mohammad Shakir N., Ahmad Fakrul R., Jeng Shiun L., “A fuzzy multi-objective optimisation model of risk-based gas detector placement methodology for explosion protection in oil and gas facilities”
- [20] Liza S., Adriaan van W., Jolandi van W., Oliver H., Allen M., Richard W., Natalia F., “Developing a multi-disciplinary approach to risk-based mapping (RBM) in an onshore refinery: A case study on optimal gas detector placement”
- [21] Marco B., Federica O., Leonardo T., Alessandro M., Leonardo T., Gabriele L., Chiara G., “Optimization of gas detectors placement in complex industrial layouts based on CFD simulations”



## ÖZGEÇMİŞ

Ad-Soyad : Özkan KARATAŞ

### ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans** : 2002, İTÜ, Elektrik Elektronik, Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği

### MESLEKİ DENEYİM:

- 2003-2004 yılları arasında Weidmuller'de Elektronik Mühendisi olarak çalıştı.
- 2004-2006 yılları arasında UND Technology'de Satış Müdürü olarak çalıştı
- 2006-2008 yılları arasında Petso A.Ş'de Genel Müdür Yardımcısı olarak çalıştı.
- 2008-... yılından beri Prosense Teknoloji'de Genel Müdür olarak çalışmaktadır.
- 2010-2012 EMO İstanbul Şubesi Yönetim Kurulu Üyesi
- 2012-2014 EMO Denetleme Kurulu Üyesi
- 2022-2024 EMO Onur Kurulu Üyesi
- 2012-.... TSE ATEX Standartları Komisyon Üyesi
- 2014-2022 ATEX Komisyonu Başkanı
- 2018-....IECEX TC31 Working Group Üyesi