



T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ

BİLGİSAYAR VE BİLİŞİM BİLİMLERİ FAKÜLTESİ
BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ
BULANIK MANTIK VE YAPAY SİNİR AĞLARINA GİRİŞ
ÖDEV RAPORU

2025 GÜZ DÖNEMİ 1. ÖDEV

G221210069 – ZEYNEP UYSAL

G221210006 – SADETTİN KAYA

Depo içindeki basıncın depo içindeki sıcaklığa ve deponun hacmine bağlılığının incelenmesi

Dr. Öğr. Üyesi Muhammed Fatih ADAK

1. Giriş

Endüstriyel süreçlerde basınç, sıcaklık ve hacim gibi fiziksel değişkenler, sistem güvenliği ve verimlilik açısından büyük önem taşımaktadır. Bu değişkenler arasındaki ilişki, çoğu zaman doğrusal olmayan, belirsizlik içeren ve klasik matematiksel modellerle tam olarak ifade edilemeyen karmaşık bir yapıya sahiptir. Özellikle kapalı bir depodaki basıncın, bulunduğu ortamın sıcaklığına ve deponun hacmine göre değişimi, mühendislik uygulamalarında sıkça karşılaşılan ve hassas kontrol gerektiren bir durumdur.

Bu projenin amacı, kapalı bir depodaki basıncın sıcaklık ve hacim değişkenlerine bağlı olarak nasıl değiştiğini bulanık mantık yaklaşımıyla modellemektir. Normalde bu fiziksel ilişki, İdeal Gaz Yasası ($PV = nRT$) gibi kesin matematiksel formüllerle hesaplanabilir. Ancak bu çalışmada hedefimiz yalnızca belirli bir sayısal sonuç elde etmek değil, sistemi insan düşünme biçimine benzer bir yaklaşımla anlamlandırmaktır. Başka bir ifadeyle, sistemi dilsel ifadeler üzerinden değerlendirmek ve bu tanımlara dayalı bir karar mekanizması geliştirmektir.

Bulanık mantık, bu noktada güçlü ve esnek bir araç sunmaktadır. Sistem, kullanıcıdan alınan sayısal sıcaklık ve hacim değerlerini önce bulanık kümelerle dönüştürür; ardından kurallarını işletir. Son aşamada ise durulama işlemiyle elde edilen bulanık sonuç tekrar sayısal bir basınç değerine dönüştürülür. Bu yöntem, özellikle klasik modellerin yetersiz kaldığı belirsiz veya değişken koşullar altında, akıllı ve insana benzer karar verme süreçleri oluşturulmasına olanak tanır.

Çalışmanın gerçekleştirileceği sistem senaryosu olarak, **standart bir endüstriyel gaz tüpü** seçilmiştir. Tüpün içerisindeki gazın **ideal gaz davranışı** gösterdiği varsayılmıştır. Böylece modelin sınır değerleri, literatürde yer alan deneysel veriler, üretici katalogları ve ilgili güvenlik standartlarına dayandırılmıştır. Bu yaklaşım sayesinde, hem teorik olarak anlamlı hem de mühendislik uygulamalarına uyarlanabilir bir bulanık basınç modeli ortaya konulmuştur.

2. Gereç ve Yöntem

2.1 Amaç ve Kapsam

Bu projenin amacı, kapalı bir depodaki basıncın sıcaklık ve hacme göre değişimini bulanık mantık yaklaşımıyla modellemektir. Klasik matematiksel yöntemler basıncı sayısal olarak hesaplayabilse de, bu projede hedef, sistemi insan düşünme biçimine benzer şekilde “düşük sıcaklık”, “orta hacim” gibi dilsel ifadelerle yorumlayabilen bir model kurmaktır. Bu hedef doğrultusunda, Mamdani tipi bir Bulanık Çıkarım Sistemi tasarlanmıştır.

Model kapsamında “depo”, endüstriyel gaz tüpü olarak tanımlanmış ve içindeki gazın ideal gaz gibi davrandığı varsayılmıştır. Bu varsayım, modelin genel davranışını sadeleştirerek bulanık mantığın karar mekanizmasını ön plana çıkarmaktadır.

Çalışmada sıcaklık ve hacim olmak üzere iki giriş ve Basınç olmak üzere bir çıkış değişkeni tanımlanmıştır. Modelin gerçek dünya koşullarını yansıtmayı amaçlayarak, bu değişkenlerin sınırları doğrudan endüstriyel standartlar ve üretici teknik verileri referans alınarak belirlenmiştir. Sistem, tanımlanan bu değişkenleri bulanık kurallar aracılığıyla değerlendirip elde edilen sonucu sayısal bir basınç değeri olarak üretmektedir. Uygulama, Eclipse Java ortamında jFuzzyLogic kütüphanesi kullanılarak geliştirilmiştir.

2.2. Değişkenlerin Tanımlanması

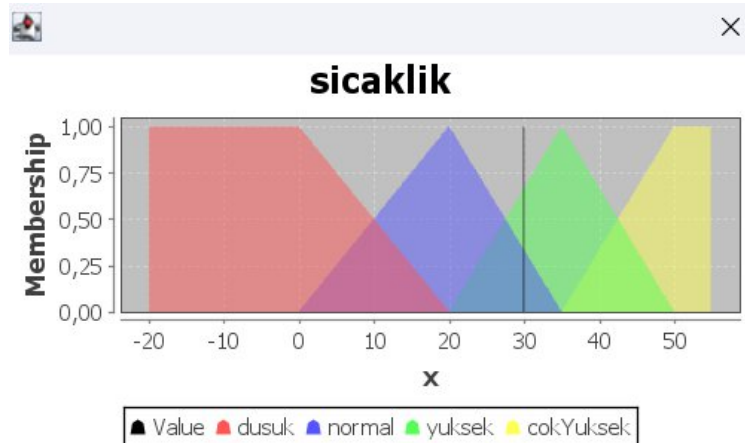
2.2.1. Girdi Değişkeni: Sıcaklık

Modelimizde sıcaklık değişkeni, Cok_Dusuk, Dusuk, Normal ve Yuksek olmak üzere dört dilsel ifade ile tanımlanmıştır.

Standart oda sıcaklığı olarak kabul edilen 20°C, gaz tüplerinin basınç kararlılığı ve performansı için en ideal noktadır. Bu nedenle modelimizin normal kümesi, bu ideal noktayı zirve alacak şekilde tasarlanmıştır. Kanada İş Sağlığı ve Güvenliği Merkezi (CCOHS) ve endüstriyel güvenlik platformu TechEHS gibi kaynaklar, sıkıştırılmış gaz tüplerinin depolandığı ortam sıcaklığının 52°C (125°F) değerini aşmaması gerektiğini belirtmektedir [1, 2]. Bu sıcaklık, tüp içindeki basıncın kritik seviyelere ulaşarak emniyet valfinin atmasına veya daha tehlikeli durumlara yol açabileceği bir eşik olarak kabul edilir.

Modelimizin cokYuksek kümesi, bu kritik güvenlik verisini temel alarak tasarlanmış ve 50°C'de tam tehlikeli seviyeye ulaşacak şekilde ayarlanmıştır. Üst sınır olan 55°C de bu tehlikeli bölgenin hemen üzerini kapsayan mantıklı bir limit olarak seçilmiştir.

Bu doğrultuda, modelimizin çalışma aralığı [-20, 55] °C olarak belirlenmiş, ancak "Çok Yüksek" sıcaklık kümesi 50°C'yi referans alacak şekilde tasarlanmıştır.



2.2.2. Girdi Değişkeni: Hacim

Hacim değişkeni, modelin farklı boyutlardaki standart endüstriyel tüpler için analiz yapabilmesini sağlar. Modelimizde hacim değişkeni, gazın içine konulduğu tüpün toplam kapasitesini (boyutunu) temsil etmektedir. Bu yaklaşım, modelin sabit miktardaki bir gazın farklı büyüklükteki tüplere konulduğunda basıncının nasıl değişeceğini tahmin etmesini sağlar.

Modelin çalışma aralığı, endüstriyel bir üretici olan Air Liquide'in yayınladığı teknik ürün kataloğu referans alınarak [10, 70] L olarak belirlenmiştir [3]. Bu kaynak, "tüp boyutu" kavramını, modelimizle tam olarak örtüşecek şekilde "su kapasitesi (litre)" olarak tanımlamaktadır.

Referans alınan katalogta [3], piyasadaki yaygın tüp boyutları şu şekilde listelenmiştir:

- **Küçük Boyutlar:** 15.4 L ve 21.7 L gibi küçük kapasiteli tüplerin varlığı, modelimizin alt sınırı olan 10 L'yi ve küçük (küçük) kümesini (10 L - 40 L arası) desteklemektedir.

- **Orta (Standart) Boyutlar:** En yaygın endüstriyel boyutların 40- 50 L olduğu görülmektedir. 40 litreyi 1 üyelik derecesinde kabul ettik. 50 yi ise hem orta hem büyük olarak kabul ederek modelimizi oluşturduk.
- **Üst Sınır:** Katalogda listelenen en büyük tekil tüp kapasitesi 68.4 L'dir. Modelimizin üst sınırı olan 70 L, bu gerçek dünya verisine en yakın ve en mantıklı yuvarlatılmış değerdir.

Bu referanslara dayanarak, [10, 70] L aralığındaki hacim değişkeni, Şekil 2'de gösterildiği gibi üç dilsel kümeye ayrılmıştır:



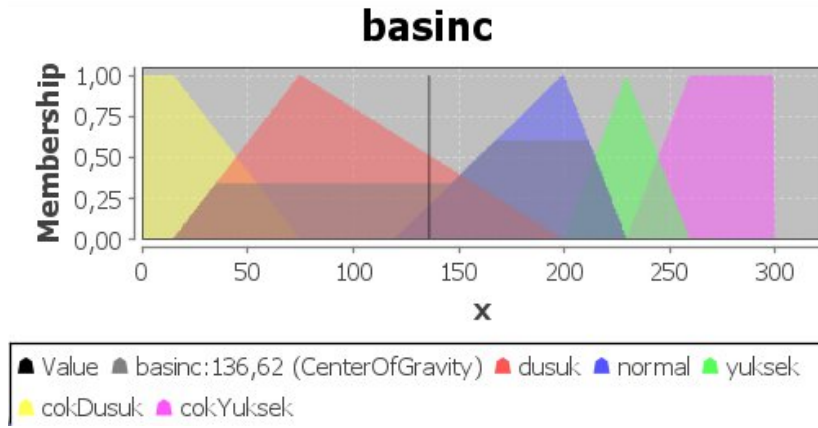
2.2.3. Çıktı Değişkeni: Basınç

Basınç, modelin tahmin etmeyi amaçladığı ana değerdir.

Modelimizde tüm operasyonel durumları kapsayabilmesi için geniş bir spektrumda, [0, 300] Bar aralığı belirlenmiştir. Bu aralığın belirlenmesinde endüstriyel standartlar kilit rol oynamıştır. Örneğin, Linde Gas Türkiye'nin teknik spesifikasyonlarında, standart bir tüp için "Dolum Basıncı" 150 bar, "İşletme Basıncı" ise 200-230 bar olarak belirtilmiştir [4].

Bu referanslar ışığında, basınç değişkeni Şekil 3'te gösterildiği gibi beş dilsel kümeye ayrılmıştır:

- **cokDusuk:** Tüpün "boş" veya içinde sadece artık basınç kaldığı durumu temsil eder.
- **dusuk:** Tüpün "kullanımda" olduğunu ve basıncının ideal dolum seviyesinin (200 Bar) altında olduğunu gösterir.
- **normal :** Zirve noktası endüstri standardı olan 200 Bar'dır. Bu küme, Linde Gas'ın belirttiği 150 Bar (dolum) ile 230 Bar (işletme) arasındaki tam dolu ve ideal çalışma aralığını temsil eder.
- **yuksekk :** Standart 200-230 Bar işletme basıncının aşıldığı uyarı seviyesini ifade eder.
- **cokYukSek :** 230 Bar'da başlayan ve 260 Bar'dan sonra tam tehlikeli kabul edilen, test basıncı limitlerine yaklaşan kritik seviyedir.



2.3. Bulanık Kural Tabanı

Sistemin karar verme mekanizması, IF-THEN yapısındaki bulanık kurallardan oluşur. Bu kurallar, İdeal Gaz Yasası'nın temel prensiplerine [5] göre oluşturulmuştur: Basınç, sıcaklıkla doğru orantılı ve hacimle ters orantılıdır. Kural tabanı, tüm olası girdi kombinasyonlarını kapsayacak şekilde tasarlanmıştır.

2.4. Durulama Yöntemi (Defuzzification Method)

Bulanık çıkarım süreci sonunda ortaya çıkan bulanık çıktı kümesini, net bir sayısal değere dönüştürmek amacıyla Ağırlık Merkezi (Center of Gravity - COG) yöntemi seçilmiştir. COG, aktif olan tüm kuralların sonuçlarını ve üyelik derecelerini hesaba katarak dengeli ve pürüzsüz bir çıktı ürettiği için en yaygın kullanılan ve en güvenilir durulama yöntemlerinden biridir.

Ayrıca, herhangi bir kuralın tetiklenmemesi gibi beklenmedik bir duruma karşın, sistemin varsayılan olarak 180 Bar değerini üretmesi için bir default değeri atanmıştır. Bu değer, normal basınç aralığında yer alarak sistemin kararlı bir başlangıç noktasına sahip olmasını sağlar.

2.5. Uygulama Mimarisi ve Çalışma Prensibi

Geliştirilen bulanık mantık modelinin kullanıcı ile etkileşime geçebilmesi için Java programlama dilinde bir uygulama geliştirilmiştir. Bu uygulama, jFuzzyLogic kütüphanesini kullanarak FCL dosyasını yükler, kullanıcıdan girdi alır, modeli çalıştırır ve sonuçları hem sayısal hem de görsel olarak sunar. Uygulama, Basinc.java ve Test.java olmak üzere iki ana sınıftan oluşmaktadır.

- **Basinc.java Sınıfı:** Bu sınıf, bulanık mantık modelinin kendisini temsil eden ana motor görevi görür. Yapıcı metodu (constructor) içinde, projenin kaynaklar klasöründe bulunan Model.fcl dosyasını FIS.load() komutuyla yükler. Ardından, kullanıcıdan alınan sıcaklık ve hacim değerlerini fis.setVariable() komutlarıyla modeldeki ilgili değişkenlere atar ve fis.evaluate() komutuyla çıkarım sürecini başlatır.

- **Test.java Sınıfı:** Bu sınıf, uygulamanın başlangıç noktasıdır. Scanner sınıfı aracılığıyla kullanıcıdan konsol üzerinden sıcaklık ve hacim değerlerini alır. Aldığı bu değerlerle yeni bir Basinc nesnesi oluşturur. Son olarak, jFuzzyLogic kütüphanesinin JFuzzyChart aracını kullanarak; üyelik fonksiyonlarını, o test için aktive olan kuralları ve çıktıdaki nihai taralı alanı kullanıcıya görsel olarak sunar.

```
public class Basinc {
    private FIS fis; // bulanık modelimizi tutan değişken
    private double sıcaklik;
    private double hacim;

    public Basinc(double sıcaklik, double hacim) throws URISyntaxException {
        this.sıcaklik = sıcaklik;
        this.hacim = hacim;

        File dosya = new File(getClass().getResource("Model.fcl").toURI());

        fis = FIS.load(dosya.getPath());
        fis.setVariable("hacim", hacim);
        fis.setVariable("sicaklik", sıcaklik);
        fis.evaluate();
    }

    public FIS getModel() {
        return fis;
    }
}
```

```
public class Test {

    public static void main(String[] args) throws URISyntaxException {
        Scanner in = new Scanner(System.in);
        System.out.print("Sıcaklık: ");
        double sıcaklik = in.nextDouble();
        System.out.print("Hacim: ");
        double hacim = in.nextDouble();

        Basinc basinc = new Basinc(sıcaklik, hacim);
        System.out.println(basinc);

        // üyelik fonksiyonlarını çizdirme
        JFuzzyChart.get().chart(basinc.getModel());

        // çalışan kuralları gösterme
        for (Rule rule : basinc.getModel().getFunctionBlock("Model").getFuzzyRuleBlock("No1"))
            if (rule.getDegreeOfSupport() > 0) {
                System.out.println(rule);
            }

        // sadece taralı alanı çizdirelim
        JFuzzyChart.get().chart(basinc.getModel().getVariable("basinc").getDefuzzifier(), "Ba
    }
}
```

3. Bulgular ve Tartışma

Geliştirilen bulanık çıkarım sisteminin performansı ve mantıksal tutarlılığı, belirli senaryolar altında test edilmiştir. Modelin girdi değerlerine karşılık ürettiği sayısal çıktılar ile bu çıktıların elde edildiği bulanık çıkarım süreci detaylı olarak incelenmiştir.

3.1. Model Performans Analizi

Modelin test edilmesi için, girdi değişkenlerinin her ikisinin de birden fazla dilsel kümeye kısmi üyelikle dahil olduğu aşağıdaki değerler seçilmiştir:

```
Test [Java Application] C:\Users\uyslz\p2\pool\plugins\org.eclipse.justj.openjdk.hotspot.jre.full.win32.x86_64_17.0.10.v20240120-1143\jre\bin\javaw.exe (16 Ka
Sıcaklık: 30
Hacim: 48
Basınc: 137 bar
5 (0.3333333333333337) if (sicaklik IS normal) AND (hacim IS orta) then basinc IS dusuk [weight: 1.0]
6 (0.3333333333333337) if (sicaklik IS normal) AND (hacim IS buyuk) then basinc IS dusuk [weight: 1.0]
8 (0.6) if (sicaklik IS yuksek) AND (hacim IS orta) then basinc IS normal [weight: 1.0]
9 (0.4) if (sicaklik IS yuksek) AND (hacim IS buyuk) then basinc IS normal [weight: 1.0]
```

Bu sonucun nasıl elde edildiği, bulanıklaştırma, kural değerlendirme ve durulama süreçleri üzerinden aşağıda açıklanmıştır.

1. Adım: Bulanıklaştırma

Model, ilk olarak ham sayısal verileri alır ve bunları insan dilindeki gibi anlamlı ifadelerle dönüştürür:

- Sıcaklık (30°C): Model, 30°C değerinin üyelik fonksiyonlarına göre bir ölçüm yapar: Bu değer, normal kümesine kısmen, yüksek kümesine ise daha fazla aittir. Kısacası, sistem 30°C'yi "biraz normal ama daha çok yüksek" olarak yorumlar.
- Hacim (48 L): Aynı şekilde, 48 L değeri hem orta hem de büyük kümelerinin kesişimindedir. Model bunu "biraz büyük ama oldukça orta" şeklinde anlamlandırır.

2. Adım: Kural Değerlendirme ve Çıkarım

Her iki girdinin de ikişer kümeye ait olması sebebiyle, bu kümelerin tüm kombinasyonlarını içeren toplam dört kural (5, 6, 8 ve 9) aktive olur. Her bir kuralın gücü AND:MIN metoduyla hesaplandıktan sonra, ortaya çıkan bireysel sonuçlar ACCU:MAX metoduyla birleştirilmiş ve bu süreç, Basınc grafiğinde görülen karmaşık çokgen şekli (kırmızı taralı alan) oluşturmuştur. Bu alan, modelin nihai bulanık kararını temsil eder.

3. Adım: Durulama

Son adımda, seçilen Ağırlık Merkezi (COG) yöntemi, bu karmaşık şeklin geometrik denge noktasını hesaplamıştır.

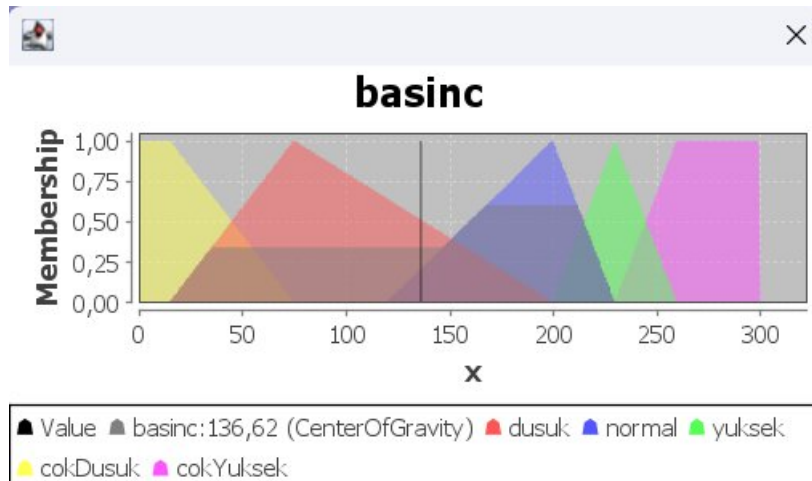
COG yöntemi, bir şeklin geometrik ağırlık merkezini veya denge noktasını bulma prensibine dayanır. Sürekli bir fonksiyon için integral ile ifade edilse de, sayısal hesaplamalarda ayrık formülü kullanılır. Bu formül şu şekildedir:

$$u^* = \frac{\sum_{i=1}^N u_i \mu_{OUT}(u_i)}{\sum_{i=1}^N \mu_{OUT}(u_i)}$$

- **u***: Model tarafından hesaplanan nihai sayısal basınç değeridir. (örneğimizde 137 Bar).
- **u_i**: Çıktı değişkeninin (Basınç) eksenindeki her bir ayrık noktayı temsil eder (örneğin, 0 Bar, 1 Bar, 2 Bar, ..., 300 Bar).
- **$\mu_{OUT}(u_i)$** : O u_i basınç noktasındaki taralı alanın üyelik derecesini, yani grafikteki dikey yüksekliğini ifade eder.

Formülün pay kısmında yer alan ifade, her bir basınç noktasının (u_i), kendi üyelik derecesi $\mu_{OUT}(u_i)$ ile ağırlıklandırılmasıyla elde edilen değerlerin toplamıdır. Bu işlem, üyelik derecesi yüksek olan basınç değerlerine daha fazla önem verir. Payda kısmındaki ifade ise, tüm üyelik derecelerinin toplamıdır ve taralı alanın toplam büyüklüğünü temsil eder.

jFuzzyLogic, taralı alan için bu formülü uygular. Alanın her bir noktasının konumunu ve o noktadaki yüksekliğini hesaba katarak, şeklin tam denge noktasını bulur. Bu hesaplama sonucunda, o karmaşık çokgen şeklin ağırlık merkezi 137 olarak bulunur ve bu değer, modelin nihai sayısal basınç çıktısı olur.





Bu test, geliştirilen bulanık mantık modelinin temel amacına ulaştığını kanıtlamaktadır. Girdiler belirsiz ve birden fazla dilsel ifadeye ait olduğunda bile model, ilgili tüm kuralları orantılı bir şekilde devreye sokarak mantıklı bir ara sonuç üretebilmektedir. Sıcaklığın basıncı artırma (yüksek), Hacmin ise düşürme (büyük) eğiliminde olduğu bu dengeli senaryoda, modelin çıktısı olan 137 Bar, düşük ve normal basınç kümeleri arasında makul bir noktada yer almaktadır.

3.2. Farklı Durulama Metotlarının Karşılaştırılması

Sıcaklık=30°C ve Hacim=48 L girdileri için model, LM (Left Maximum - Maksimumun En Küçüğü) ve RM (Right Maximum - Maksimumun En Büyüğü) metotları test edilmiştir.

COG metodu 137 Bar sonucunu üretirken, Left Maximum (LM) metodu 168 Bar ve Right Maximum (RM) metodu ise 212 Bar değerini hesaplamıştır.

Bu belirgin farkın temel nedeni, metotların sonuca ulaşma biçimindeki mantık ayrımıdır. COG metodu, tüm aktif kuralların katkısını içeren kırmızı taralı alanın tamamını bir bütün olarak değerlendirir. Bu alanın geometrik denge noktasını bularak, farklı öneriler arasında adil bir uzlaşma sonucu üretir. Bu yüzden sonuç, daha zayıf olan düşük önerisinin de etkisiyle daha düşük bir değer olan 137 Bar'dır.

Buna karşılık, LM ve RM metotları çok daha seçici davranır. Onlar, daha zayıf olan düşük basınç önerilerini tamamen göz ardı ederek sadece en baskın olan (normal) kuralın oluşturduğu tepe noktasına odaklanırlar. Bu tepe noktasının bir başlangıcı ve bir bitişi vardır. LM metodu, bu tepenin en solundaki -en küçük- değeri alarak 168 Bar sonucunu üretirken, RM metodu aynı tepenin en sağındaki -en büyük- değeri alarak 212 Bar sonucunu vermiştir.

COG, tüm kuralların etkisini adil bir şekilde harmanlayarak daha kararlı ve genel durumu daha iyi yansıtan sonuçlar üretir. LM ve RM gibi metotlar ise sadece en güçlü kurala odaklandığı için, sistemin genel davranışında ani sıçramalara neden olabilir ve daha az dengeli sonuçlar verebilir. Bu nedenle modelin güvenilirliği ve kararlılığı için COG metodunun kullanımı tercih edilmiştir.

```
39 METHOD : RM;  
Test [Java Application] C:\Users\  
Sıcaklık: 30  
Hacim: 48  
Basınç: 212 bar
```

```
39 METHOD : LM;  
Test [Java Application] C:\Users\  
Sıcaklık: 30  
Hacim: 48  
Basınç: 168 bar
```

Kaynakça

[1] Canadian Centre for Occupational Health and Safety (CCOHS), "Welding - Storing of Cylinders", https://www.ccohs.ca/oshanswers/safety_haz/welding/storage.html , Erişim Tarihi: 29 Ekim 2025.

[2] TechEHS, "Guidelines for Safe Storage of Compressed Gas Cylinders", <https://techehs.com/blog/guidelines-for-safe-storage-of-compressed-gas-cylinders> , Erişim Tarihi: 29 Ekim 2025.

[3] Air Liquide Canada Inc. (2016). *Cylinder Gases - Product Catalogue*. Çevrimiçi: https://oxygene-regional.qc.ca/wp-content/uploads/2016/12/Cylinder_Gases_ANG.pdf, Erişim Tarihi: 12 Kasım 2025.

[4] Linde Gas Türkiye, "Tüplü Endüstriyel Oksijen (O2) Teknik Spesifikasyonu", https://www.dncgaz.com/uploads/O2_TDS.pdf

<https://bursan.com/endustriyel-gaz-tupleri>

<https://lindegazmarket.com/urunler?t=category&id=5637144578>

[5] <https://tr.khanacademy.org/science/class-11-chemistry-india/xfbb6cb8fc2bd00c8:in-in-states-of-matter/xfbb6cb8fc2bd00c8:in-in-ideal-gas-equation/a/what-is-the-ideal-gas-law#:~:text=Ba%C5%9Fka%20bir%20deyi%C5%9Fle%2C%20kinetik%20enerji,araba%20kazas%C4%B1%20esnek%20%C3%A7arp%C4%B1%C5%9Fma%20olmaz.>