

KOCAELİ SANAYİ ODASI

PROSES
EMNİYETİ SEMPOZYUMU

LPG DEPO TANKI YANGINLARININ SİMÜLASYONU

Ziya Gürün, Osman BOZDAĞ

Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Kimya Mühendisliği Bölümü

10-11 Mayıs 2022



LPG

- LPG, normal şartlar altında renksiz, kokusuz ve tatsız bir gaz karışımıdır. LPG esas itibariyle propan ve bütan karışımıdır.
- Petrol rafinerilerde ve doğal gaz sahalarında üretilir
- LPG basınçlı kaplarda kendi buhar basıncı altında depolanır.
- LPG buharları aynı şartlarda havadan daha ağırdır.

LPG nin Kullanım Yerleri

- Evlerde: Soba, fırın, ocak, aydınlatma, su ısıtıcı v.b
- Tarım kesiminde: Meyve ve sebze kurutmada, çeşitli süt ve süt ürünlerini kaplarının sterilize edilmesinde,
- Meyve ve sebzelerin dona karşı korunmasında
- Sanayide iklimleme cihazlarında, soğutucularda, metal kesiminde,
- İçten yanmalı motorlarda yakıt olarak (binek araç, traktör, forklift v.b.)

LPG DEPOLAMA

- LPG Tüpleri
- Ev tüpü
- Piknik tüpü
- Sanayi tüpü



LPG Tankerleri



LPG Depo Tankları

- Silindirik depo tankları



Küresel depo tanklar



LPG Kazalarına Örnekler

- **LPG piknik tüpü Kazasına örnek**
- 26 Kasım 1980 de Kırıkkale Keskin Danacıobası küyünde düğün
- evinde kına gecesi aydınlamada kullanılan piknik tüpü patladı. 97 kadın ve çocuk öldü.
- **LPG Kara tankeri Kazasına örnek**
- San Carlos de la Rapita. 11 Haziran 1978
- Porpan kara tankeri (23 ton) patladı. 170 ölü, 150 yaralı
- **LPG depo sahası San Juanico feleketi**
- 19 Kasım 1984 yılında Mexico City yakınlarında San Juanico da LPG depolama tesislerinde patlama oldu. 11000 m3 LPG patladı. 500-600 kişi öldü. 5000-7000 kişi yaralandı

Kaza Örneđi – Bu konuda çok fazla örnek var

15 Ocak 2020

İspanya, La Canonja

Kimyasal tesisinde patlama oldu ve 3 km uzaktaki bir insan evinde otururken 1 ton ağırlığındaki bir parçanın isabet etmesi sonucunda vefat etti.

LPG Kullanımının Riskleri

- LPG Kendi buhar basıncı altında sıvı olarak depolanır.
- LPG tüplerinin ve depo tanklarının yaklaşık %80 ni sıvı ile doldurulur.
- Sıvı olarak tüp veya depo tankından sıvı olarak atmosfere sızıntı olması halinde kolayca buharlaşır ve hava ile patlayıcı karışım oluşturur.
- Bölgede yaşayan insanlar ve çevre için büyük bir risk oluşturmaktadır.

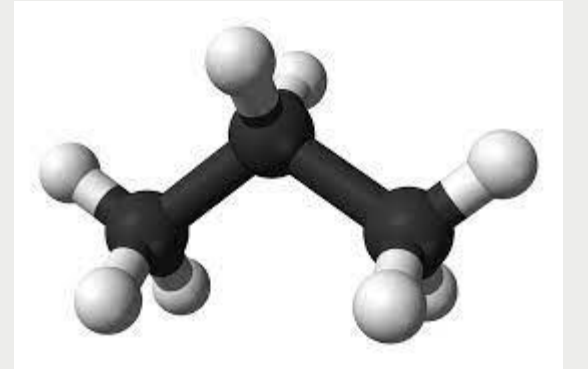
Propanın Özellikleri

		Etan	Propan	Bütan
Formülü		C ₂ H ₆	C ₃ H ₈	C ₄ H ₁₀
Molekül ağırlığı		16.04	30.07	58.12
Kaynama Noktası (K.n.),C	C	-161.5	-42	-0.5
Gaz özgül ağırlığı (Havanın yoğunluğu=1.0)		0.555	1.046	1.547
Sıvının özgül ağırlığı (Suyun yoğunluğu =1.0)			0.5077	0.5844
Sıvının buharlaşma ısısı (Kcal/kg)	kcal/kg		22	21.5
Sıvının yanma ısısı (@15 C)	MJ/kg		50	49.8
Gazın yanma ısısı (@15 C)	MJ/kg		95.5	125.7
Buhar/sıvı hacim oranı (15 C,1 atm)			267	230
Oktan numarası	RON	106	106	108
Gazı yakmak için gerekli hava	Nm ³ Hava/Nm ³ Gaz		16.7	23.8
Alevlenme Limitleri Hava gaz karışımının				
Alt limiti	% Hacim	5	3.22	2.37
Üst limiti	% Hacim	15	12.45	9.5

Propanın Özellikleri

Propan :

- -42 C sıcaklıkta, 1 atm basınçta sıvılaşır.
- 20 C sıcaklıkta, 8.1 atm basınçta sıvılaşır.
- 97 C sıcaklıkta (propanın kritik sıcaklığı) basınç ne kadar artarsa artsın sıvılaşmaz.



Çalışmanın Amacı

Yangın alevlerine maruz kalan bir LPG tankının içinde gerçekleşen kaynayan sıvının genleşen buhar patlaması (BLEVE) olarak bilinen bu olayın mekanizmasının simülasyonu yapıldı.



LPG Tanklarının Patlama Riskleri

Bir LPG tankı patlarsa 4 tane risk oluşur.

- Yangın riski
- Isı radyasyonu
- Basınç dalgası
- Patlama sonucu oluşacak metal parçalarının yaratacağı riskler



Yangın Sırasında Tankların Patlama Süreleri

- 400 lt tank : 3-4 dakika
- 4,000 lt tank : 5-7 dakika
- 40,000 lt tank : 8-12 dakika

Tank çeliđi

- 400 C sıcaklıkta dayanma gücünü %30 kaybeder
- 700 C sıcaklıkta dayanma gücünü %90 kaybeder

Tanklardan Emniyetli Mesafeler

LPG tankı patlarsa

- 400 lt tankın alev çapı : 18 m
- 4,000 lt tankın alev çapı : 38 m
- 40,000 lt tankın alev çapı : 82 m

Isı radyasyon mesafesi

- 400 lt tank : 90 m
- 4,000 lt tank : 150 m
- 40,000 lt tank : 320 m



Tanklardan Emniyetli Mesafeler (devam....)

LPG tankı patlarsa, uçan metal parçaların etkisi

- 400 lt tank için : 400 m
- 4,000 lt tank için : 800 m
- 40,000 lt tank için : 1800 m

Burada belirtilen değerler küre tanklar için değil. 5000 m³'lük bir küre tankın etki alanı ne olur? Körfez Bölgesi için felaket demek!!



İzmit Rafinerisi Çevresindeki LPG Tankları

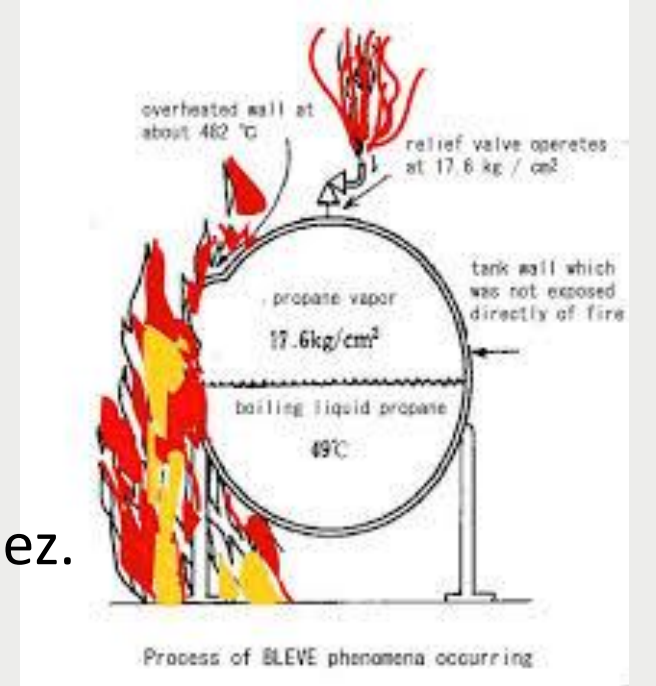


Körfez bölgesinde
çok büyük
miktarlarda
depolanmaktadır

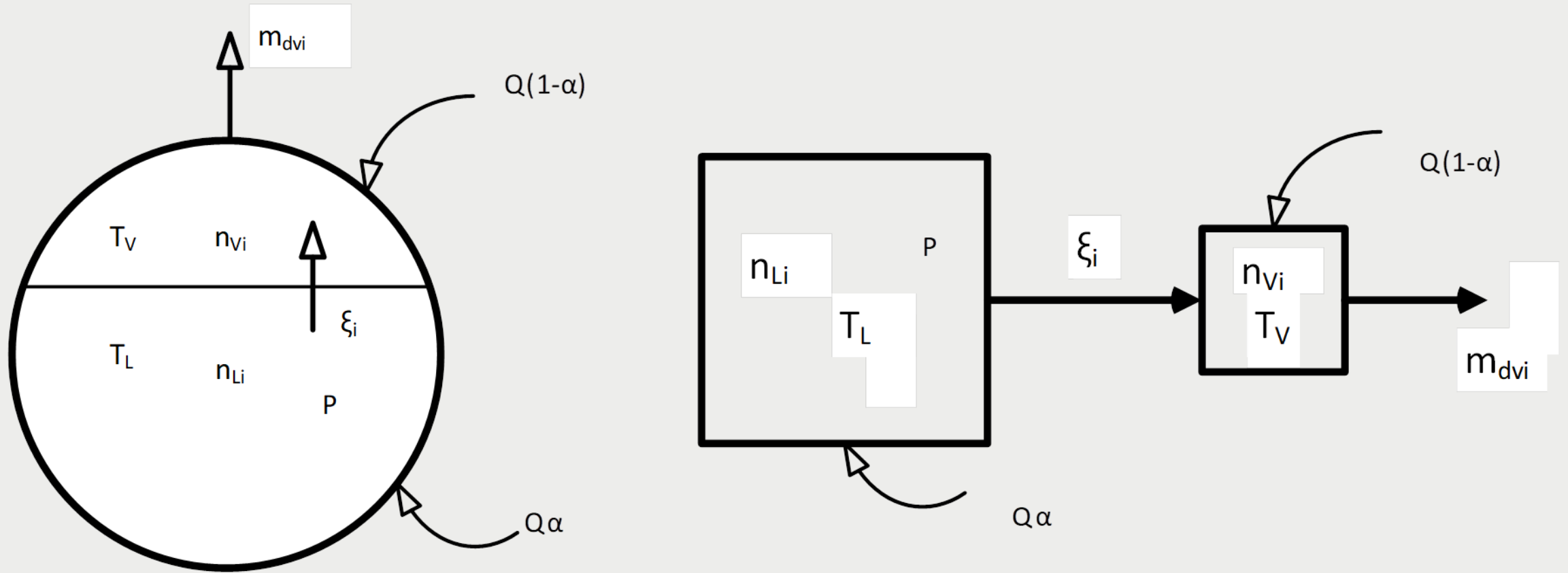
56 Küre tank
Çok sayıda fişek
tank

Tankın Patlama Mekanizması

- LPG tankının yanında bir yangın başlar.
- Radyant ısının etkisiyle tank ısınmaya başlar.
- Tankın içindeki LPG buharlaşmaya başlar.
- Tankın basıncı artar.
- Tankın emniyet vanası açar.
- Isınma hızı fazla olduğu için emniyet vanası yetersiz kalır.
- Tankın içindeki basınç yükselmeye devam eder.
- Tankın sıvı kısmının sıcaklığı kaynama nedeniyle çok hızlı yükselmez.
- Buhar fazının sıcaklığı hızla artar.
- Sıvı seviyesi azaldıkça buharlaşma azalır.
- Buhar sıcaklığı, tank basıncı ve tank metal sıcaklığı hızla artmaya devam eder.
- Tankın en zayıf yeri olan dome-head fırlatılır ve tank patlar.



LPG Tank Modeli



Kütle Denklikleri

$$\frac{dn_{Li}}{dt} = -\xi_i$$

$$\frac{dn_{Vi}}{dt} = \xi_i - m_{dvi}$$

Kimyasal Denge Denklemi

$$\frac{\xi_i}{\sum \xi_i} = K_i \frac{n_{Li}}{\sum n_{Li}}$$

Sıvı Fazı Enerji Denklemi

$$\frac{d}{dt} \left[h_L \sum n_{Li} \right] = Q \alpha - h_{\xi} \sum \xi_i$$

$$Q \alpha = (h_{\xi} - h_L) \sum \xi_i$$

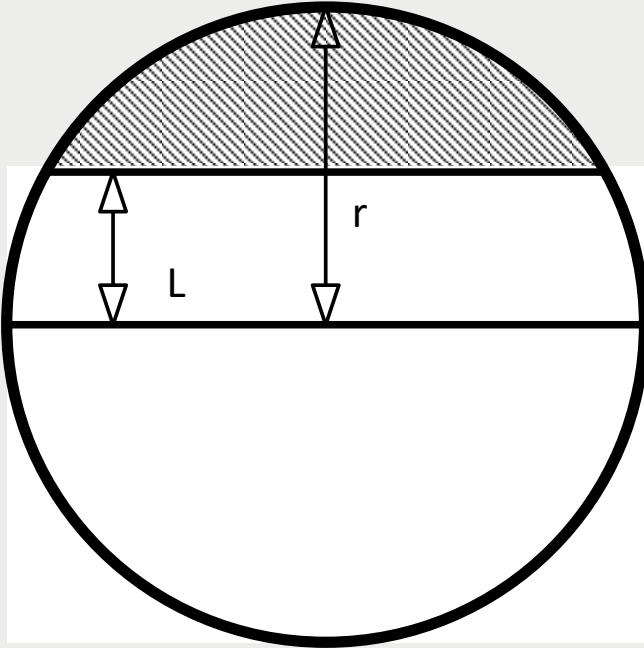
Buhar Fazı Enerji Denklemi

$$\frac{d}{dt} \left[h_V \sum n_{vi} \right] = Q (1 - \alpha) + h_\xi \sum \xi_i - h_V \sum m_{dvi}$$

$$\sum n_{vi} \frac{dh_V}{dt} = Q (1 - \alpha) + (h_\xi - h_V) \sum \xi_i$$

Likit ve Buhar Fazlarının Temas Yüzeyleri

Modelde, yangın sırasında ışıma yoluyla tanka gelen ısının sıvı fazına geçmesi oranının (α) tank içinde sıvı fazının temas ettiği tank yüzey alanıyla orantılı olduğu varsayılmıştır.



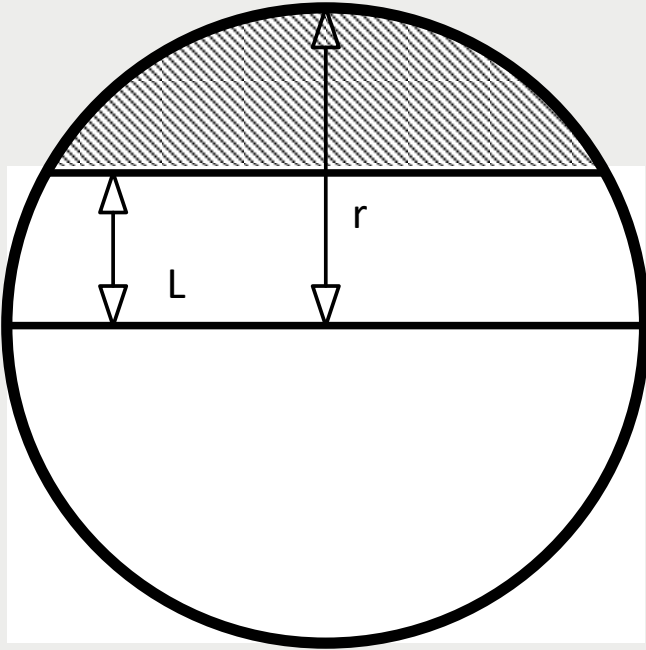
Buharın temas ettiği alan (taralı kısım)

$$A_V = 2 \pi r^2 \left[1 - \frac{L}{r} \right]$$

Sıvının temas ettiği alan

$$A_L = 4 \pi r^2 - A_V$$

Likit ve Buhar Fazlarının Hacimleri



$$V_V = \pi \left[\frac{2}{3} r^3 - r^2 L + \frac{1}{3} L^3 \right]$$

$$V_L = \frac{2}{3} \pi r^3 + \pi r^2 L - \frac{\pi}{3} L^3$$

Tankın İç Yüzeyinde Isı Transfer Katsayısı

$$Nu = \frac{H r}{k}$$

$$Gr = \frac{g \beta \Delta T r^3 \rho^2}{\mu^2}$$

$$Pr = \frac{\mu c_p}{k}$$

$$Nu = 0.68 + 0.67 Ra^{1/4} \left[\frac{Pr}{0.952 + Pr} \right]^{1/4}$$

$$\beta = - \frac{1}{\rho} \frac{\partial \rho}{\partial T} \quad (\text{constant } P)$$

$$Ra = Gr Pr$$

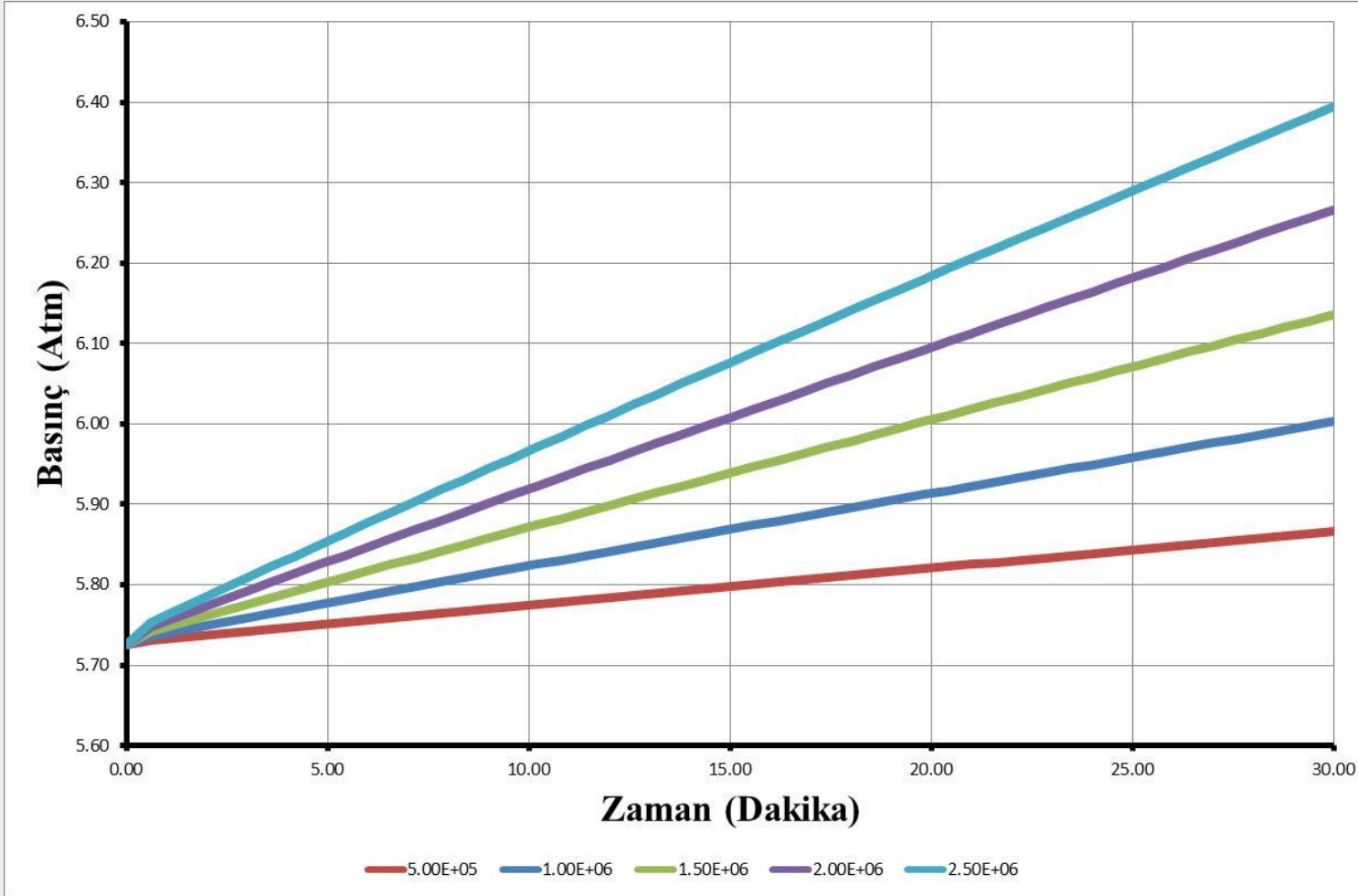
LPG Modelleme Örnekleri

Tipik bir LPG Bileşimi

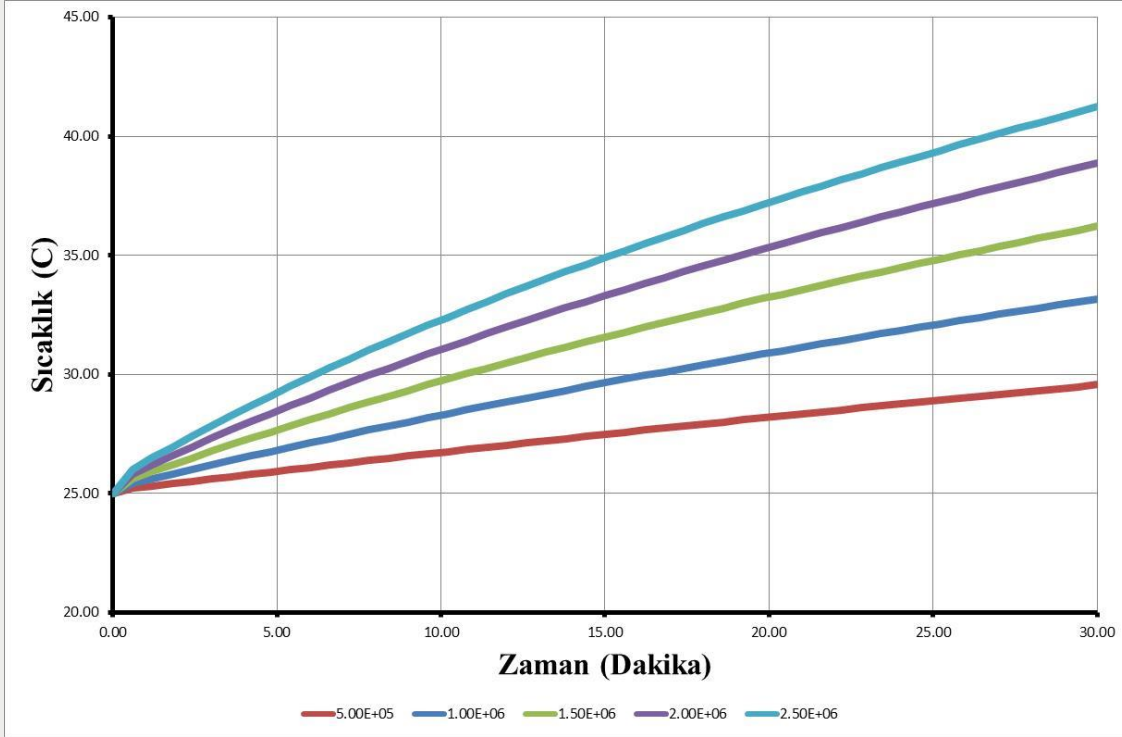
%mole

Metan	0.10%	Tank Hacmi	m3	5000
Etan	2.00%	Tanktaki LPG Miktarı	ton	2300
Propan	25.00%	Sıcaklık	C	25
I-Butan	30.00%	Başlangıç Basıncı	Atm	5.7
N-Butan	30.00%	Başlangıç Buharlaştırma Oranı	% Hacim	9%
I-Pentan	0.50%			
N-Pentan	0.50%			
Etilen	0.10%	PSV set basıncı	Atm	8
Propilen	7.00%	PSV Orifis Alanı	cm2	10
Bütlen	4.80%			

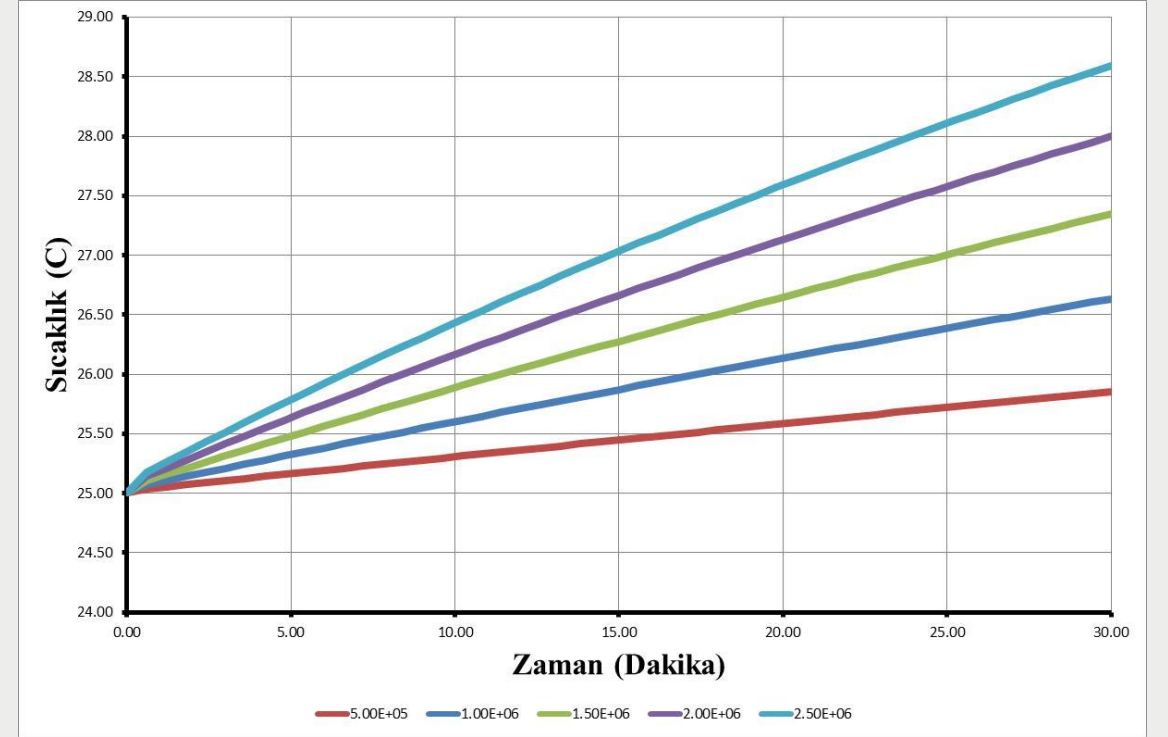
Basınç



Buhar ve Sıvı Faz Sıcaklıkları



Buhar Fazı



Sıvı Fazı

Metal Sıcaklıkları

Radyant Isı kJ/saat	Buhar Fazı C	Sıvı Fazı C
500,000	569	63
1,000,000	908	92
1,500,000	1205	118
2,000,000	1484	142
2,500,000	1756	163

Buhar fazıyla temas eden tank metal sıcaklığı dakikalar içinde yüksek değerlere ulaştığı için metal mukavemeti hızla düşer ve patlama riski oluşur.

Simülasyon Sonuçları

- Buhar fazı metal sıcaklığının dakikalar içinde hızla yükseldiği gözlemlendi. Bu da tankın yangın sırasında çok kısa bir sürede patlama noktasına ulaşabileceği anlamına gelmektedir.
- Yapılan modelleme tankın içindeki fiziksel olayları kapsadığı için, tank sacındaki sıcaklık artışı bu modelin kapsamında olmamıştır. Ancak metal sıcaklık artışının hızlı bir şekilde artacağını bu model göstermiştir.
- Buhar fazı sıcaklığının sıvı fazı sıcaklığına göre daha hızlı yükseldiği gözlemlendi.
- Tank basıncının, radyant ısı transferi arttıkça daha hızlı yükseldiği gözlemlendi.

KOCAELİ SANAYİ ODASI

PROSES
EMNİYETİ SEMPOZYUMU

FUAR İÇİ 41040 İZMİT/KOCAELİ

TEL: +90 262 315 80 00

FAX: +90 262 321 90 70

WEB: www.kosano.org.tr

E-MAIL: kso@kosano.org.tr

