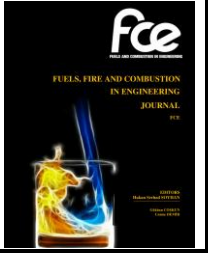
	ULUSLARARASI YAKITLAR, YANMA VE YANGIN DERGİSİ <i>FUELS, FIRE AND COMBUSTION IN ENGINEERING JOURNAL</i>		
	ISSN: 2564-6435		
	Dergi sayfası: http://dergipark.gov.tr/fce		
	<u>Geliş/Received</u> 30/05/2017		
	<u>Kabul/Accepted</u> 22/09/2017		<u>Doi</u>

Yangın ve Patlama Potansiyeli Olan Tehlikeli Ekipmanların Belirlenmesi: Dow İndeksi

Merve ERCAN KALKAN*¹, Kadriye OKTOR², Necmi ÖZDEMİR³

¹Kocaeli Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Kimya Mühendisliği Bölümü
Umuttepe Yerleşkesi 41380 İzmit/Kocaeli
merve.ercan@kocaeli.edu.tr

²Kocaeli Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü
Umuttepe Yerleşkesi 41380 İzmit/Kocaeli
oktor@kocaeli.edu.tr

³Kocaeli Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Elektrik Mühendisliği Bölümü
Umuttepe Yerleşkesi 41380 İzmit/Kocaeli
necmi.ozdemir@kocaeli.edu.tr

ÖZ

Büyük endüstriyel kazalar, olma olasılıkları düşük, ancak gerçekleşmeleri halinde etkileri yıkıcı olabilecek olaylardır. Büyük endüstriyel kazalar genellikle yangın, patlama ve toksik yayılım şeklinde meydana gelmektedir. Özellikle yangınlar, taşıdıkları yüksek ısı akısı potansiyeli nedeniyle diğer ekipmanları da etkileyebilmekte ve bu nedenle patlama ve toksik yayılım gibi ikincil ve hatta üçüncül olayların oluşmasına da neden olabilmektedir. Yangın risklerinin proaktif olarak yönetilmesi ise yangın potansiyeli taşıyan ortamların belirlenmesi ile mümkündür. Dow Yangın ve Patlama İndeksi, bu amaçla yaygın olarak kullanılan bir metodolojidir. Yöntem, prosese ilişkin genel ve özel tehlikeleri dikkate alırken, aynı zamanda kimyasal maddelerin doğası gereği taşıdığı sağlık tehlikesi, reaktivite ve yanıcılık gibi unsurları da hesaba katmaktadır. Genel ve özel proses tehlikelerinin metodolojiye uygun olarak hesaplanması ile elde edilen değerler, malzeme faktörü birlikte hesaplanır, böylece yangın ve patlama indeksi değeri nitel ve nicel olarak elde edilir. Bu değer, seçilen proses ekipmanının yangın ve patlama açısından olası risklere karşın önceliklendirilmesinde kullanılır. Bu çalışmada, endüstriyel bir işletmede yangın ve patlama riski taşıyan ekipmanların belirlenmesi amaçlanmıştır. Metodoloji olarak DOW Yangın ve Patlama İndeksi (DOW F&EI)'nden yararlanılmıştır. Büyük hasar ve yaralanmalar ile ekonomik kayıplara neden olabilecek yangın ve patlama potansiyeli taşıyan ekipmanların önceden belirlenmesi, yangın risklerinin yönetilmesinde birincil öncelik olacaktır. Ayrıca fabrika tasarımı ve kurulumu aşamasında yangın ve patlama indeksinin hesaplanması halinde, doğuştan güvenli tasarım hedefine ulaşılabilecektir.

Anahtar Kelimeler: yangın, patlama, risk, Dow İndeksi

Hazard Classification of Equipments: DOW F&E Index

ABSTRACT

Major industrial accidents are low probability and high consequence events. These events could occur in the form of fire, explosion and/or toxic release. Fires, especially, have the potential of high heat radiation to equipments and could cause secondary and tertiary events .such as fires, explosions and toxic releases. It is possible to manage fire risk with the definition of equipments, which have the high fire potential by using proactive approaches. There have been some methods to define high-risk potential equipments. Dow Fire & Explosion Index Methodology is a commonly used method for this purpose. The method considers general and special process hazards as well as health, reactivity and flammability properties of chemicals. Fire and explosion index is estimated considering general, special process hazards and material factor. F&EI Index is a guide to prioritize process equipments concerning fire and explosion risks. The main purpose of this study is to define equipments that have high fire and explosion risks at an industrial facility. Dow F&EI methodology was followed for this purpose. Classification of hazardous process equipments to prevent catastrophic events and their effects is the point of origin to manage fire risks. If the methodology would perform during the plant design and installation processes, inherently safer process goal would also be achieved.

Keywords: fire, explosion, risk, Dow Index

1. GİRİŞ

Teknoloji ve sanayinin hızla gelişmesi bir yandan insanoğlunun hayatını kolaylaştırmakta ancak diğer yandan bu gelişmenin plansız ve ani oluşu da sanayi bölgeleri ve yaşam alanlarının iç içe geçmesi nedeniyle başta sağlık ve çevre olmak üzere çeşitli sorunları beraberinde getirmektedir. Özellikle sanayileşme ile birlikte kimyasal maddelerin üretimi, kullanımı, depolanması ve taşınması nedeniyle kimyasal etkilenim (maruziyet) kaçınılmaz hale gelmiştir [1]. Tehlikeli kimyasallar patlayıcı, oksitleyici, çok kolay alevlenir, kolay alevlenir, alevlenir, çok toksik, toksik, zararlı, aşındırıcı, tahriş edici, hassaslaştırıcı, kanserojen, mutajen, üreme için toksik ve çevre için tehlikeli özelliklerden bir veya birkaçına sahip madde ve/veya karışımları kapsayan geniş bir aileyi temsil etmektedir. Yukarıda bahsedilen özellikleri nedeniyle de kimyasal maddeler sadece bu maddeleri doğrudan kullanan kişi ya da işletmeleri değil, olası büyük endüstriyel kazalar halinde kitleleri etkileyebilecek potansiyele sahiptir. Büyük endüstriyel kazalar genellikle yangın, patlama, toksik yayılım veya bu olayların birkaçının farklı izlencelerle meydana gelmesi şeklinde gerçekleşmektedir [2, 3].

Ülkemizde, 30.12.2013 tarih ve 28867 No'lu Resmi Gazete'de yayınlanan "Büyük Endüstriyel

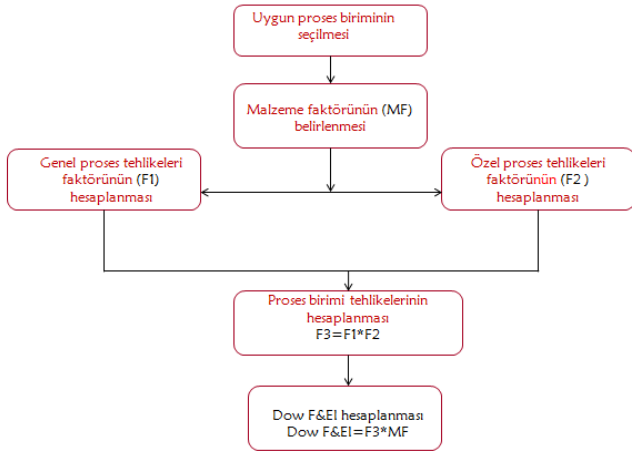
Kazaların Önlenmesi ve Etkilerinin Azaltılması Hakkında Yönetmelik", tehlikeli maddeler bulunduran kuruluşlarda büyük endüstriyel kazaların önlenmesi ve muhtemel kazaların insanlara ve çevreye olan zararlarının en aza indirilmesi amacıyla, yüksek seviyede, etkili ve sürekli korumayı sağlamak için alınması gerekli önlemler ile ilgili usul ve esasları belirlemektedir. Yönetmelik, proses içerisindeki tehlikeli ekipmanların belirlenmesi ve gruplandırılması ile belirlenen tehlikeli ekipmanlar için senaryo edilen her bir büyük kazanın her türlü sonucunun meydana gelme frekansını 1×10^{-4} /yıl seviyesine veya bu seviyeden daha küçük bir seviyeye indirilmesi gerektiğini belirtmektedir [4]. Burada tehlikeli ekipman belirlemenin amacı, üzerinde büyük çaplı kaza senaryolarının tanımlanabileceği ekipmanın seçilmesidir [5]. Bu amaçla kullanılan yöntemlerden birisi de Dow Yangın ve Patlama İndeksi (Dow F&EI)'dir [6-8].

2. METODOLOJİ VE SENARYO

2.1. Metodoloji

Bu çalışmada, tehlikeli ekipmanları belirlemek ve önceliklendirmek amacıyla Dow F&EI kullanılmıştır. Yöntemin amacı, yangın, patlama ve reaktivite kaynaklı olası kazaların tahmini zararlarını belirlemek, kazaya neden olacak veya kazanın etkilerini arttıracak ekipmanı belirlemek

ve risk potansiyelini paylaşmaktır. F&EI indeksinde izlenen yol Şekil 1’de özetlenmiştir [9].



Şekil 1. Dow Yangın ve Patlama İndeksi hesaplamada izlenen yol

Referans Kılavuz[9]'dan uyarlanmıştır

Uygun proses (süreç) biriminin seçilmesinde kimyasal enerji potansiyeli, proses birimindeki tehlikeli madenin miktarı, işletme koşulları (basınç ve sıcaklık), geçmişte yangın ve patlama ile sonuçlanan olaylar, tesis devamlılığı için kritik üniteler ve prosesin yatırım değeri dikkate alınmıştır.

Malzeme faktörünün (MF) belirlenmesi, yangın ve patlama indeksinin hesaplanması için temel başlangıç noktasıdır. MF, NFPA (National Fire Protection Agency) yangınlık ve reaktivite sayısal değerleri N_F ve N_R verilerinden elde edilir. Dow Yangın ve Patlama İndeksi, Tehlike Sınıflandırma Kılavuzu, Ek- A’da çeşitli kimyasallar için MF listesi mevcuttur.

2.1.1. Genel Proses Tehlikelerinin Belirlenmesi

Genel Proses Tehlikeleri, kayıp içerikli bir olayın büyüklüğünü belirlemede birinci derecede rol oynar. Genel Proses Tehlikeleri, birçok prosese uygulanabilecek 6 öğeden oluşur.

- Ekzotermik kimyasal reaksiyonlar,
- Endotermik prosesler
- Malzeme aktarımı ve transferi
- Kuşatılmış (etrafı çevrili) veya kapalı alanlar
- Erişim
- Drenaj ve döküntü kontrolü

“Genel Proses Tehlikeleri Faktörü” (F1) belirlenirken yukarıda sayılan öğelerin her birinin seçilen proses ve/veya proses birimine uygunluğu değerlendirilir. Dow Yangın ve Patlama İndeksi, Tehlike Sınıflandırma Kılavuzu referans alınarak her bir tehlike için Tablo Ek-1’de belirtilen uygun puan (penaltı faktörü) atanır. Genel tehlikeler için belirlenen puan sütunundaki rakamlar, temel faktör olan 1 değerine eklenir ve F1 değeri elde edilir.

2.1.2. Özel proses tehlikelerinin belirlenmesi

Özel proses tehlikeleri, kaybın gerçekleşme olasılığına birinci derece etkisi olan faktörlerdir. Yangın ve patlama olaylarının temel nedeni olarak görülen özel proses koşullarını içerir. Bu bölüm 12 öğeden oluşmaktadır:

- Toksik (zehirli) malzemeler
- Atmosferik basıncın altında çalışma
- Alevlenme aralığında veya yakınında çalışma
- Toz patlamaları
- Relief pressure (güvenli tahliye basıncı)
- Düşük sıcaklık
- Alevlenebilir/Kararsız madde miktarı
- Korozyon ve aşınma
- Sızıntı (bağlantı yerleri ve ambalajlama)
- Ateşli ekipmanların kullanımı
- Sıcak yağlı ısı değiştirici sistemleri
- Döner ekipman

“Özel Proses Tehlikeleri Faktörü” (F2) belirlenirken yukarıda sayılan öğelerin her birinin seçilen proses ve/veya proses birimine uygunluğu değerlendirilir. Dow Yangın ve Patlama İndeksi, Tehlike Sınıflandırma Kılavuzu referans alınarak her bir tehlike için Tablo Ek- 1’de belirtilen uygun puan (penaltı faktörü) atanır. Özel proses tehlikeleri için belirlenen puan sütunundaki rakamlar, temel faktör olan 1 değerine eklenir ve F2 değeri elde edilir.

2.1.3. Proses Birimi Tehlike Faktörünün Belirlenmesi

“Proses Birimi Tehlike Faktörü” (F3), “Genel Proses Tehlikeleri Faktörü” (F1) ve “Özel Proses Tehlikeleri Faktörü” (F2)’nin çarpımıdır. F3, 1 ile 8 aralığında değer almaktadır. F3 için 8’den büyük bir değere elde edilmesi halinde, 8 alınmalıdır [9].

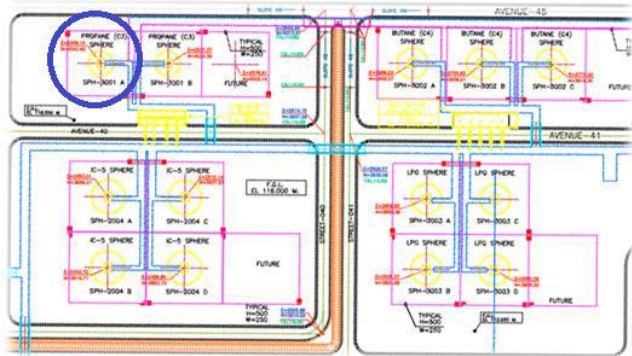
2.1.4. Yangın ve Patlama İndeksinin (F&EI) Belirlenmesi

Yangın ve Patlama İndeksi (F&EI), bir olay sonrası tesiste meydana gelebilecek hasarın tahmininde kullanılır. Tablo 1, F&EI'nin bağlı olarak derecelendirmesi hakkında fikir vermektedir. Yüksek tehlikeli alanlar için bir HAZOP çalışmasının yapılması önerilmektedir.

Tablo 1. F&EI için tehlike derecelendirmesi [9]

F&EI	Tehlike derecesi
1-60	Hafif
61-96	Moderate
97-127	Ortaseviyeli (Intermediate)
128-158	Ağır (Heavy)
159 ve üzeri	Ciddi (Severe)

Bu çalışma kapsamında, bir rafineride bulunmakta olan karbon çeliğinden yapılmış ve 15,5 m çapında, 18 m yükseklikte ve 12,8 bar basınç ve 40°C'de işletilmekte olan bir propan depolama tankı [10], DOW F&EI yöntemi ile değerlendirilmiş ve yangın ve patlama indeksi hesaplanmıştır. Hesaplama kullanılan malzeme faktörü ve özellikleri Tablo 2'de yer almaktadır.



Şekil 2. Senaryo kapsamında F&EI açısından değerlendirilen depolama tankı [10]

Tablo 2. Malzeme faktörü ve özellikleri [9]

Madde	MF	NFPA Sınıflandırması			F.N (F)	K.N (F)
		N(H)	N(F)	N(R)		
Propan	21	1	4	0	Gaz	-42,0

N(H): Sağlık Tehlike Sınıflaması, N(F): Yanıcılık Tehlike Sınıflaması, N(R): Reaktiflik Tehlike Sınıflaması

F.N: Flaş Noktası

K.N: Kaynama Noktası

3. BULGULAR

Propan içerikli tank, depolama amaçlı kullanıldığından 'Genel Proses Tehlikeleri'

bölümünde Endotermik ve Ekzotermik reaksiyon kalemlerine "0" puan atanmıştır. Malzeme aktarımı ve transferi, N(F) 4 sınıfında alevlenebilir sıvı veya gaz kullanılması nedeniyle 0,85 olarak değerlendirilmiştir. Depolama tankının kapalı ve veya kuşatılmış/kısıtlanmış bir alanda yer almaması nedeniyle bu bölüme "0" puan atanmıştır. Acil durumlarda tanka karayolu ile erişim sağlanabilmektedir, ancak işletmenin büyüklüğü dikkate alındığında ihtiyaten 0,2 puan atanmıştır. Drenaj döküntü kontrol sistemi mevcut olmakta ancak tank ile birlikte diğer ekipmanlar da aynı havuzda yer almaktadır, bu nedenle ilgili bölüme 0,5 puan atanmıştır.

Özel Proses Tehlikeleri incelendiğinde, malzemenin sağlıkla ilgili N(H) değeri 1 olup, bu bölüme atanan puan 0,2'dir. Vakum basıncı uygulanmadığından bu bölüme "0" puan atanmıştır. Alevlenme aralığında ve yakınında çalışma bölümü, N(F) 4 özelliğinde malzeme depolanması nedeniyle 0,5 olarak atanmış, toz patlaması senaryo için uygulanabilir olmadığından "0" değeri atanmıştır. Sıvılaştırılmış alevlenebilir gazlar için çalışma basıncı ve çalışma basıncının 1,5 katına set edilmiş patlama disk basıncı için atanan değer oranlanması ve sıvılaştırılmış alevlenebilir gazlar için düzeltme faktörü olarak önerilen 1,3 ile çarpılmasını öngörülmektedir. Bu şekilde hesaplanan değer 1,09 olarak belirlenmiştir. Düşük sıcaklık uygulanabilir olmadığından "0" puan atanmıştır. Depolanmış alevlenebilir malzeme miktarı Kılavuz'daki 4 no'lu grafikten, sıvılaştırılmış gazlar için kullanılan eğri dikkate alınarak 0,43 okunmuştur. Korozyon ve aşınma minimum kabul edilerek 0,1 alınmıştır. Sızıntı ve bağlantı yerlerinde minör kaçaklar olabileceği dikkate alınarak bu bölüme 0,1 atanmıştır. Ateşli ekipman ve ısı değiştirici kullanımı söz konusu olmayıp bu bölümlere 0 değeri atanmıştır. Sistemde pompa bulunması nedeniyle döner ekipmanlar bölümüne de 0,5 değeri atanmıştır. F1, F2 ve F3 değerleri Tablo 3'te görülmektedir.

Tablo 3. Senaryoya ilişkin bulgular

Hesaplanan Değer	Puan
F1	2,55
F2	3,92
F3	8
F&EI	168

4. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Tablo 3'te hesaplanan F&EI indeks değeri, ekipmanın belirtilen proses/depolama koşullarında ciddi seviyede tehlikeli olduğunu göstermektedir. Basınç altında sıvılaştırılmış propan depolama örneğinde olduğu gibi, tehlikeli kimyasallar üreten ve depolayan tesislerdeki her bir ekipman, tehlike derecelendirmesine tabi tutulmalıdır. Yüksek derecede tehlikeli olan, büyük endüstriyel kazalara neden olma potansiyeli olan bu ekipmanlar ileri risk değerlendirme yöntemleri ile detaylıca incelenmeli ve gerekli önlemlerin alınması sağlanmalıdır.

Dow F&EI indeksi, önerilen projenin risklerini değerlendirmek üzere proje tasarımlarının ilk aşamalarında kullanılabilen yararlı bir tekniktir. Sürecin çeşitli aşamaları için indekslerin hesaplanması, özellikle tehlikeli kısımları vurgulayacak ve tehlikeleri azaltmak üzere ayrıntılı çalışmaların nerede yapılması gerektiğini gösterecektir.

EKLER

Tablo Ek- 1: Dow F&EI Kılavuz Tablo ,Referans [9]'dan uyarlanmıştır.

DOW YANGIN VE PATLAMA İNDEKSİ (Y&Pİ)

FİRMA	DÜZENLEYEN		
BÖLÜM	ONAYLAYAN		
PROSES	TARİH		
KİMYASAL ADI			
MALZEME FAKTÖRÜ			
1. Genel Proses Tehlikeleri		Puan Aralığı	Puan
Temel Faktör		1.00	1.00
A. Egzotermik Kimyasal Reaksiyonlar		0.30-1.25	
B. Endotermik Prosesler		0.20-0.40	
C. Malzeme Aktarımı ve Transferi		0.25-1.05	
D. Kuşatılmış (etrafı çevrili) veya kapalı alanlar		0.25-0.90	
E. Erişim		0.20-0.35	
F. Drenaj ve döküntü kontrolü		0.25-0.50	
Genel Proses Tehlikeleri Faktörü (F1)			
2. Özel Proses Tehlikeleri			
Temel Faktör		1.00	1.00
A. Toksik Malzeme(ler)		0.20-0.80	
B. Vakum Basıncı (<500 mmHg)		0.5	
C. C. Alevlenme aralığında veya yakınında çalışma			
1. Tank Çiftliğinde Yanıcı Sıvıları Depolama		0.5	
2. Proses Bozulması veya Buhar Tahliye Problemi		0.3	
3. Sürekli Yanma Aralığında		0.8	
D. Toz Patlaması		0.25-2.00	
E. Basınç	İşletme BasıncıkPa Rahatlatma ValfikPa		
F. Düşük Sıcaklık		0.20-0.30	
G. Alevlenebilir/Kararsız Malzeme Miktarıkg		
1. Prosesteeki sıvı veya gazlar			
2. Depolanan sıvı veya gazlar			
3. Prosesteeki tutuşabilir katı veya tozlar			
H. Korozyon ve Aşınma		0.10-0.70	
I. Sızıntı - Bağlantı Yerleri		0.10-1.50	
J. Ateşli Ekipman Kullanımı			
K. Sıcak Yağlı Isı Değiştiriciler		0.15-1.15	
L. Döner Ekipmanlar		0.5	
Özel Proses Tehlikeleri Faktörü (F2)			
Proses Birimi Tehlike Faktörü (F1*F2)=F3			
Yangın ve Patlama İndeksi (F3*MF=Y&Pİ)			
Uygulanamaz Tehlikeler için 0 puan değerini kullanınız			

REFERANSLAR

- [1] M. Ercan Kalkan ve V. Deniz, Dow Chemical Exposure Index Methodology, International Congress on Occupational Safety and Security, pp. 58-65, 2016.
- [2] D. A. Crowl, J.F. Louvar, Chemical Process Safety Fundamentals with Applications, Prentice Hall, U.K., pp.12-14, 1990.
- [3] J. Casal, Evaluation of the Effects and Consequences of Major Accidents in Industrial Plants, First Edition, Elsevier, pp. 119-137, 2008.
- [4] Büyük Endüstriyel Kazaların Önlenmesi ve Etkilerinin Azaltılması Hakkında Yönetmelik, Tarih: 30.12.2013, Resmi Gazete No: 28867.
- [5] T.C. Çalışma Ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı, İş Teftiş Kurulu Başkanlığı, Kimya Sanayi Sektöründe Seveso II Direktifi Kapsamındaki Endüstrilerde Kaza Riski Değerlendirme Metodolojisi, Yayın No 55, 2012, Ankara.
- [6] J.P. Gupta, Application of Dow Fire & Explosion Index, hazard classification guide to process plants in developing countries, *J. Loss Prev.* Vol 10, No:1, pp. 7-15, 1997.
- [7] C.B. Etowa, P R. Amyotte, M J. Pegg, F.I. Khan, Quantification of inherently safety aspects of the Dow indices, *J. Loss Prev.* Vol 15, pp. 477-487, 2002.
- [8] Gupta J.P., Khemani G., Mannan M. S., Calculation of Fire and Explosion Index (F&EI) value for the Dow Guide taking credit for the loss control measures, *Journal of Loss Prevention in the Process Industries* 16 pp. 235–241, 2003.
- [9] Dow's Fire & Explosion Index Hazard Classification Guide, Seventh Edition, 1994.
- [10] S. Nazari N. Karami, H.Moghadam, P. Nasiri, Consequence Analysis of BLEVE Scenario in the Propane Tank: A Case Study at Bandar Abbas Gas Condensate Refinery of Iran, *International Journal of Scientific Engineering and Technology*, Volume No.4 Issue No.9, pp. 472-475, 2015.