

# PATLAYICI ORTAMLARDA RİSK DEĞERLENDİRMESİ

## Risk Assesment for Explosive Atmospheres

Gamze BALCI<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Kimya Mühendisi, Kalite Yönetim Müdürü, Muayene ve Teknik Uzmanı  
SCA Belgelendirme ve Özel Eğitim Hizmetleri  
gamze@scaatex.com

### Özet

Ülkemizde Çalışma ve Sosyal Bakanlığı tarafından yürürlüğe giren 30 Nisan 2013/28633 tarih ve sayılı 'Çalışanların Patlayıcı Ortamların Tehlikelerinden Korunması Hakkındaki Yönetmelik' kapsamında tanımlanan tesislerde risk değerlendirmesi yapılmak zorundadır. Risk değerlendirmesinin nihai çıktısı ise tesislere ait ZONE Haritalarıdır. Tehlikelerin tespiti ve risklerin tanımlanması ile alınan önlemler neticesinde elde edilen verilerin değerlendirilmesi ve EN 60079-10-1, EN 60079-10-2 standartlarına göre söz konusu tehlikeli bölgelerin gerek hesaplarla gerek kabullerle ZONE (kuşak.bölge) belirlenmesi yapılması gerekmektedir.

Zone Haritalanmasına kadar geçen sürede doğru ve etkin bir risk değerlendirmesi yapılabilmesi için her işletmede özellikle risk teşkil eden proseslerde çalışan personelin ve üst yönetimin desteği ile oluşturulan kurullar tarafından yapılması gerekmektedir.

### Abstract

In our country, effectuated by Ministry of Labor and Social Security which dated and numbered 30.04.2013/28633 as part of rules about that employees protected from hazardous of explosive atmospheres identified facilities must be done risk assesment. Zone maps are the final output of risk assesment. Evaluation of acquired datas as a result of taking couitions by determination of dangers and defining of risks and according to EN 60079-10-1, EN 60079-10-2 standarts; zone definition of hazardous areas must be done both calculation and acceptences.

Until the elapsed time of zone mapping, to make correct and effective risk assesment must be done by council that created with employee that specially pose a risk and top management at all establishments.

### 1. Patlayıcı Ortam Sınıflandırmasında Hukuki Düzenlemeler

Dünyada muhtemel patlayıcı ortamlardaki risklerin değerlendirilmelerinde; 'Kuzey Amerikan görüşü' (ANSI/NFPA 70 ve NEC) ve AB ATEX direktif ve ilgili harmonize standartlar ile 'Batı Avrupa' (Zone) görüşleri kullanılmaktadır. ATEX 137 direktifinin ülkemizde de yayınlanmasının ardından BATI AVRUPA görüşlerinin uygulanması yapılmaktadır.

NEC (National Electrical Code) öncelikle patlayıcı maddeleri sınıflandırır, gruplandırır sonrasında da bölümlere ayırır. Division sistemine göre patlayıcı ortamlar ikiye ayrılır.

**Division 1** : Normal çalışma sırasında patlayıcı ortam oluşma ihtimali oldukça yüksek ve patlayıcı ortamın kalıcılık süresi uzun olan yerlerdir.

**Division 2** : Normal çalışma sırasında patlayıcı ortam oluşma ihtimali az olan yerlerdir. Ancak anormal hallerde (tamir bakım, arıza, kaza gibi) patlayıcı ortam oluşan ve oluşma ihtimali olan ve kısa süren yerlerdir.

Türkiye'de patlayıcı ortamlarla ilgili 22.10.1984 tarih ve 18553 sayılı resmi gazetede yayınlanarak yürürlüğe girmiş olan "Maden ve Taş Ocakları İle Açık İşletmelerde Alınacak İşçi Sağlığı ve İş Güvenliği Tedbirleri Hakkında Tüzük" ve 24.12.1973 tarih ve 14752 nolu resmi gazetede yayınlanarak yürürlüğe girmiş olan "Patlayıcı, Tehlikeli ve Zararlı Maddelerle Çalışan İş Yerlerinde ve İşlerde Alınacak Tedbirler Hakkında Tüzük ile patlayıcı ortamlarda alınması gereken önlemlerin ve patlayıcı ortam sınıflandırılmasının temeli atılmıştır. Ancak, söz konusu yönetmeliklerde yalnızca alev sızdırmaz elektrikli ekipman ve etanj olarak tabir edilen nemli ortamlara dayanıklı kapalı tip elektrikli ekipmanların kullanımından bahsedilmektedir.

Ancak 99/92/AT Direktifinin Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı'nca ülkemizde ilk defa 2003 yılında "Patlayıcı Ortamların Tehlikelerinden Çalışanların Korunması Hakkında Yönetmelik" olarak yayınlanmasının ardından 'Patlamadan Korunma Dokümanı' adı altında risk değerlendirmesinin yapılması ve tehlikeli bölgelerinin (Zone) belirlenmesi zorunluluk haline gelmiştir. Daha sonra aynı direktif; "Çalışanların Patlayıcı Ortamların Tehlikelerinden Korunması Hakkında Yönetmelik" olarak 30 Nisan 2013'te tekrar düzenlenerek Resmi Gazetede yayınlanmıştır.

Söz konusu direktif kapsamında patlayıcı ortamlar tozlar ve gazlar için 3'e ayrılmıştır

### GAZ

**Zone 0:** İçinde gaz, buhar veya buğu hâlinde yanıcı maddelerin havayla karışımından meydana gelen patlayıcı gaz ortamının devamlı veya çok uzun süreli veya sıklıkla bulunduğu bölge.(Patlayıcı madde kaplarının içi ve patlayıcı işleyen aparatların iç kısımları gibi yerler bu gruba girer.)

**Zone 1:** İçinde gaz, buhar veya buğu hâlinde yanıcı maddelerin havayla karışımından meydana gelen patlayıcı gaz ortamının normal çalışmada ara sıra bulunduğu bölge.(Kuşak 0'ın yakın çevresi, patlayıcı madde pompa istasyonları, vana ve klape yakınları gibi yerler bu gruba girer.)

**Zone 2:** İçinde gaz, buhar veya buğu hâlinde yanıcı maddelerin havayla karışımından meydana gelen patlayıcı gaz ortamının normal çalışmada ara sıra bulunması ihtimalinin zayıf olduğu, eğer bulunursa sadece çok kısa süreyle devam ettiği bölge.(Zone 1 olarak sınıflandırılan bölgelerine etrafı, doğal gaz ve petrol boru hatları bu gruba girer.)

## **TOZ**

**Zone 20:** Patlayıcı toz ortamın; devamlı veya çok uzun süreli bulunduğu bölge.

**Zone 21:** Patlayıcı toz ortamın; normal çalışmada ara sıra bulunduğu bölge.

**Zone 22:** Patlayıcı toz ortamın; normal çalışmada ara sıra bulunması ihtimalinin zayıf olduğu, eğer bulunursa sadece çok kısa süreyle devam ettiği bölge.

Kuzey Amerika görüşü ve AB mevzuatlarının görüşünün karşılaştırılması Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 01. ZONE ve DIVISION Sınıflandırılmasının Karşılaştırılması		
Avrupa&IEC Sınıflandırması	ZONE ve DIVISION Tanımı	Kuzey Amerikan Sınıflandırması
Zone 0 (Gaz) Zone 20 (Toz)	Patlayıcı ortam oluşması sürekli veya uzun süreli veya sıklıkla olan bölge	Class I Division 1 (Gaz) Class II Division 1 (Toz)
Zone 1 (Gaz) Zone 21 (Toz)	Patlayıcı ortam oluşması bazen ve düzensiz olan bölge	Class I Division 1 (Gaz) Class II Division 1 (Toz)
Zone 2 (Gaz) Zone 22 (Toz)	Patlayıcı ortam oluşması beklenmeyen ve yalnızca kısa bir için olan bölge	Class I Division 2 (Gaz) Class II Division 2 (Toz) Class III Division 1 (Lif) Class III Division 2 (Lif)

Zone ve Division yöntemlerindeki en önemli fark ; division yönteminde tesis bir bütün olarak düşünülerek 'PATLAMAZ' metodu ile tasarlanması; zone metodunda ise tesisdeki tüm bileşenlerin ayrı ayrı değerlendirilerek 'PATLAMAYA KARŞI KORUMALI' olarak tasarlanmasıdır.

Division sisteminde ateşleme kaynaklarındaki üç unsur (patlayıcı gaz, oksijen, tutuşturma kaynağı) bir arada düşünülmemekte ve tüm tesisin belgelendirilmesi söz konusudur. Ancak Zone sisteminde üç unsur ayrı ayrı ele alınarak tutuşturma kaynağına ilişkin önlemler alınmaktadır.

Her iki sistemde de patlamaya karşı önlemler eksiksiz bir şekilde alınmaktadır. Ancak zone sistemine göre cihaz tasarımı ve cihaz kullanımı daha çok teknik bilgi gerektirmektedir.

Tüm yöntemlerdeki risk değerlendirmenin temeli aynıdır. Patlayıcı ortam analizlerinde risk teşkil eden tüm unsurlar aynıdır. Yalnızca sınıflandırma ve bölge tanımları farklıdır.

## **2. Risk Değerlendirme Metotları**

Risk değerlendirmesi ; risk belirleme, risk analizi ve risklerin kıyaslamasından oluşan bir süreçtir. Patlayıcı ortamlarda yapılan risk değerlendirmelerinde; patlamanın sonucunda oluşan hasarın insana zararının yanı sıra maddi ve çevreye zararlarının da değerlendirilmesi gerekmektedir. İstenmeyen bir olayın etki alanı genellikle önceden tahmin etmesi güç olan çoklu faktörlere bağlıdır.

Dünyada sektörlerin ihtiyaçlarına ve faaliyetlerine göre sınıflandırılmış kantitatif ve kalitatif bir çok risk değerlendirme yöntemleri mevcuttur. Risk analiz yöntemleri üçe ayrılır;

### **1) Kantitatif Metotlar (Nicel-Sayısal)**

- Olası Hata Türleri ve Etkileri Analizi FMEA-HTEA (Failure Modes and Effects Analysis)
- Fine –Kinney Analiz Metodu
- Jhon –Ridley Analiz Metodu
- Risk Değerlendirme Karar Matrisleri(Risk Assessment Decision Matris)  
L Tipi (5x5) Matris  
Çok Değişkenli X Tipi Matris

### **2) Kalitatif Metotlar (Nitel tanımlayıcı)**

- Tehlike ve İşletilebilme Çalışması Analizi HAZOP(Hazard and Operability Studies)
- Olursa Ne Olur Analizi(What if...Analysis?)
- Ön Tehlike Analizi PHA( Preliminary Hazard Analysis)
- Birincil Risk Analizi –Kontrol Listeleri PRA (Preliminary Risk Analysis)
- İş Güvenliği Analizi JSA (Job Safety Analysis)

### **3) Yarı Kantitatif Metotlar (Karma)**

- Olay Ağacı Analizi Yöntemi ETA (Event Tree Analysis)
- Hata Ağacı Analizi Yöntemi FTA (Fault Tree Analysis)
- Neden –Sonuç Analizi ( Sebep –Sonuç Analizi) PHA (Cause –Consequence Analysis)

Ancak tüm metodolojilerde temel kural risklerin; beklenmedik parametreler doğrultusunda belirlenmesidir. Her metot aşağıdaki sorulara cevap bulmalıdır;

- Tehlikeler nelerdir?
- Riskler nelerdir?
- Öngörülen gerçekleşmesi beklenen bir olay var mı?
- Ne tür aksiyonlar alınabilir?
- Neler yolunda gitmeyebilir? Potansiyel sonuçlar nelerdir?
- Gerçekleşme olasılığı nedir?
- Zarara yol açabilecek olaylar zinciri nedir?
- Tahmin edilen olasılığın potansiyel sonuçları önlemlerle tolere edilebilir mi?
- Önlemlerin faydaları ve alternatif teknoloji maliyetleri nelerdir?

Risk analizine başlamadan önce , risk unsurları belirlenirken aşağıdaki hususların dikkate alınması gerekmektedir.

### - Maruz kalan personel

Risk değerlendirilirken, riske maruz kalan tüm personel dikkate alınmalıdır. Maruz kalan personelin yanı sıra patlamadan etkilenebilecek olarak öngörülen diğer tüm personeli kapsar.

### - Maruz kalma süresi, tipi ve sıklığı

Maruz kalınan tehlikenin incelenmesi aşamasında, tüm çalışma koşulları ve yöntemlerinin analizi yapılarak hesaba katılmalıdır. Tehlikenin tahmininde, güvenlik faktörlerinin askıya alınması durumunda, özellikle bakım onarım ve temizlik aşamalarında inceleme yapılmalıdır.

### - İnsan faktörü

İnsan faktörü riskin oluşmasında etkindir ve risk değerlendirmesinde aşağıdaki unsurlar göz önünde bulundurulmalıdır.

### - Güvenlik unsurlarının güvenilirliği

Risk tahmini bileşenlerin ve sistemlerin güvenilirliğini göz önünde bulundurmaya gerektirir.

Bunlar emniyetin sağlanmasındaki kritik fonksiyonların bir parçasıdır ve aşağıdaki maddelerin gerçekleştirilmesini gerektirir.

- Zararla sonuçlanabilecek durumların tanımlanması (elektrik kesintisi, bileşen arızası vs)
- Kullanılabilir olduğu durumlarda nicel yöntemler ile alternatif teknolojilerin karşılaştırılması,
- Uygun emniyet önlemlerinin, bileşenlerinin ve cihazların seçilmesinde bilgi sağlamak

Bir proste birden fazla güvenlik unsurunun olması gerektiği durumlarda bu cihazların performans ve güvenilirlikleri tutarlı olmalıdır. Eğer güvenlik unsurları; iş organizasyonu, davranış, dikkat, kişisel koruyucu donanım, eğitim ve beceriyi kapsıyorsa bu tür önlemlerin; teknik önlemlere nispeten daha düşük güvenilirliğe sahip olduğunu risk değerlendirme çalışmalarında dikkate alınmalıdır.

### - Güvenlik önlemlerinin aşılması olasılığı

Risk değerlendirmesi yapılırken güvenlik önlemlerinin aşıldığı alanların dikkate alınması gerekmektedir. Örneğin;

- Güvenlik önlemleri üretimi yavaşlattığı için kullanıcının müdahalesi ile başka bir yöntem kullanılması
- Güvenlik önlemlerinin uygulanmasının zorluğu,
- Operatör dışındaki kişilerin izinsiz prosese katılması

Risk değerlendirmesinde, güvenlik önlemlerinin gerekli koruma düzeyini sağlamak için gerekli şartlarda muhafaza edilip edilemeyeceği dikkate alınmalıdır.

## 3. Patlayıcı Ortamlarda Risk Değerlendirmesi

İşyerlerindeki proses ve tesislerin risk değerlendirmesi için uygulanabilir en uygun metotlar, tesisin ve proses güvenliğinin kontrol edilmesi için amaca uygun 'sistemik' bir yaklaşımda bulunmayı gerektiren metotlardır. Burada 'sistemik' olarak bahsedilen; değerlendirmenin objektif ve mantıklı olarak yapılandırılması anlamına gelir.

Bir risk analizinde tehlikeli patlayıcı ortamların ve etkili bir tutuşma kaynağının mevcudiyetinin aynı anda oluşması durumu değerlendirilmelidir.

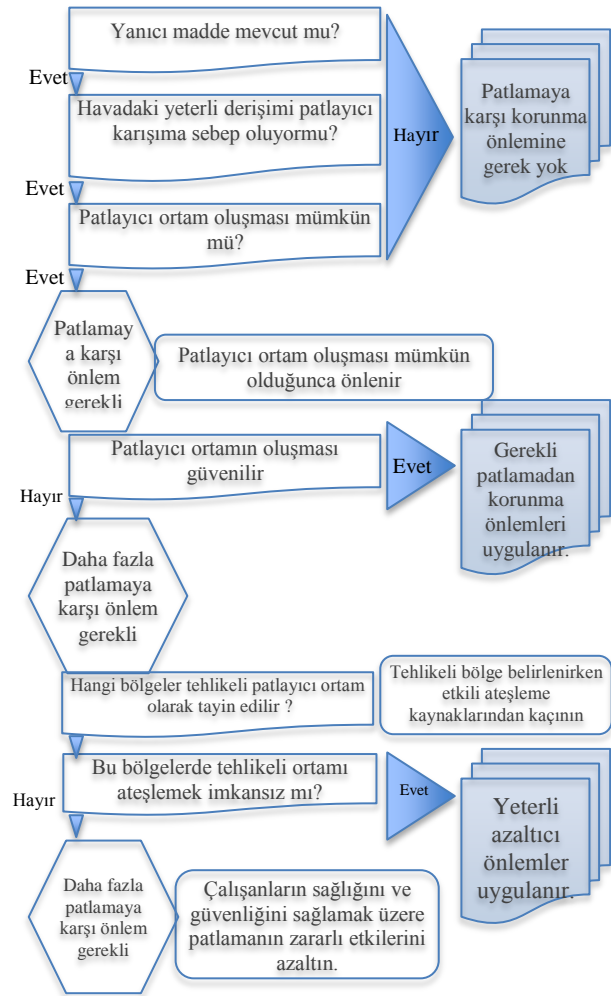
Uygulamalarda genellikle, bir dizi odaklanmış sorular aracılığıyla sistemik çalışarak, patlama riskinin değerlendirilmesi yeterlidir.

## 3.1. Risk değerlendirme adımları

Patlama risklerinin değerlendirmelerinde çeşitli yöntemler kullanılmakla birlikte yapılan hesaplamalar sonucunda oluşan tehlikeli bölgelerin (Zone) tespitinden sonra alınacak tedbirlerin belirtildiği bir risk değerlendirmesi işletmelerce yapılabilir. Patlayıcı ortamlarda risk değerlendirmesi EN 1127-1:2011 Patlayıcı Ortamlar-Patlamayı önleme ve koruma-Bölüm 1 Temel kavramlar ve metodoloji standardında da belirtildiği üzere aşağıda belirtilen 5 adımla tanımlanmalıdır;

- a) Patlama tehlikelerinin belirlenmesi ve tehlikeli patlayıcı bir ortamın oluşma ve boşalma derecesinin ihtimalinin tayini
- b) Tutuşma tehlikelerinin belirlenmesi ve potansiyel tutuşma kaynaklarının oluşma ihtimalinin tayini
- c) Tutuşma durumunda patlamanın muhtemel etkilerinin tahmin edilmesi
- d) Riskin değerlendirilmesi ve amaçlanan koruma seviyesinin sağlanıp sağlanmadığının belirlenmesi,
- e) Risklerin azaltılmasına yönelik tedbirlerin göz önünde bulundurulması

ATEX 137 (99/92/EC) direktifi için Avrupa Komisyonu Üye Komiteleri tarafından 25.08.2003 tarihinde yayınlanan rehber dokümanında risk değerlendirme adımlarını Şekil 1'deki gibi belirtmiştir.



Şekil 01. Risk Değerlendirme Şeması

Risk değerlendirmesinde özellikle , karmaşık donanımlar, koruyucu sistemler ve bileşenler , münferit ünitelerden oluşan tesisler ile kapasitesini arttıran tesisler için kapsamlı bir yaklaşım dikkate alınmalıdır. Patlama risk değerlendirmesinde patlayıcı ortamın oluşturacağı riskin yanı sıra aşağıdaki tutuşma ve patlama tehlikesi yaratan faktörler göz önünde bulundurulmalıdır.

- Donanımlar, koruyucu sistemler ve bileşenlerin kendisi,
- Donanımlar, koruyucu sistemler ve bileşenlerin aktarılan/taşınan maddelerle etkileşimleri
- Donanımlar, koruyucu sistemler ve bileşenlerde geręekleřtirilen endüstriyel işlemler
- Donanımlar, koruyucu sistemler ve bileşenleri çevreleyen ortam ve yakında cereyan eden işlemler ile muhtemel etkileşim.

### 3.1.1. Patlama Tehlikelerinin Belirlenmesi

Patlama tehlikesinin belirlenmesinde; genellikle donanımlar, koruyucu sistemler ve bileşenler tarafından işlenen, kullanılan veya bırakılan malzemelerin analizi yapılmalıdır.

EN 60079-10-1 standardına göre patlayıcı ortam; yanıcı maddelerin gaz, buhar, sis ve tozların atmosferik şartlar altında hava ile oluşturduğu ve herhangi bir tutuşturucu kaynakla temasında tümüyle yanabilen karışımdır.

Patlama tehlikesinin değerlendirilmesinde, yalnızca doğabilecek veya mevcut tutuşturma kaynaklarına bağlı değildir. Aynı zamanda tehlikeli patlayıcı ortam oluşma ihtimali aşağıdaki maddelere bağlıdır.

#### a) Yanıcı bir maddenin varlığı

Yanıcı ve/veya patlayıcı maddeler, özelliklerinin araştırılması neticesinde hava ile oluşturdukları karışımların kendiliğinden ilerleyen bir patlamaya yol açabildikleri gösterilmedikçe, patlayıcı bir ortam oluşturabilen malzemeler olarak değerlendirilmelidir. Patlayıcı ortam oluşma ihtimalinin değerlendirilmesinde, kimyasalın kendi yapısal özellikleri sebebiyle tepkimeye girerek etkileşebileceği diğer ortamlar da göz önünde bulundurularak tehlike tanımının yapılması gerekir.

#### b) Yanıcı maddenin yayılma ve boşalma derecesi

Gazlar, buharlar ve sisler, doğaları gereği patlayıcı ortam oluşturmaya yetecek miktarda bir yayılma derecesine sahiptir. Tozlar için tane büyüklüğü aralığının 0,5 mm'nin altına düşmesi durumunda patlayıcı ortam oluşumu söz konusu olabilir. Geręek uygulamalarda oluşan çok sayıdaki sis, aerosol ve toz tipleri, 0,001 mm ile 0,1 m arasında tane büyüklüğüne sahiptir. Karışımdaki yanıcı/patlayıcı maddelerin hiğbiri patlama aralığında olmamasına rağmen, hibrid karışımlarda patlamaların oluşabileceği dikkate alınmalıdır.

EN 60079-10-1 standardına göre patlayıcı gaz ortamlardaki boşalma dereceleri 3'e ayrılmıştır.

- Sürekli boşalma kaynağı: Atmosfere devamlı olarak veya uzun sürelerle açık olan yanıcı sıvının yüzeyi. Örneğin ağzı açık bir boya karıştırma makinası.
- Ana boşalma kaynağı: Normal çalışmada periyodik olarak veya ara sıra meydana gelmesi beklenen

boşalma noktaları. Örneğin pompa, kompresor, vana keğeleri, boşaltım veya numune alma noktaları.

- Tali boşalma kaynağı: Normal çalışmada meydana gelmesi beklenmeyen, meydana gelse bile seyrek olarak ve kısa sürelerle oluşan boşalma noktaları. Örneğin flans vana ve boru bağlantı noktaları.

#### c) Yanıcı maddenin patlama aralığı dahilinde havadaki derişimi

Havada yayılmış halde bulunan yanıcı maddenin derişimi, asgari bir değere (alt patlama sınırına) ulaştığında bir patlama olması muhtemeldir. Yanıcı madde derişimi azami bir değeri (üst patlama sınırını) aştığında patlama oluşmayacaktır.

Kısıtlandırılmış belirli bir hacim için LEL değeri ne kadar yüksek ise tehlikeli ortamın yayılma sınırı o kadar büyük olur.

Kimyasal olarak kararsız halde bulunan bazı maddeler (asetilen ve etilen oksit gibi), oksijenin yokluğunda bile egzotermik tepkimelere maruz kalabilir ve % 100'lük bir üst patlama sınırına sahip olabilir.

Patlama sınırları, basınç ve sıcaklıkla değişir. Kural olarak, patlama sınırları arasındaki derişim aralığı, artan basınç ve sıcaklıkla artar. Oksijenli karışımlar söz konusu olduğunda, üst patlama sınırları, hava ile oluşturulan karışımlarinkinden çok daha yüksektir. Yanıcı sıvının yüzey sıcaklığı, alt patlama noktasını geğerse, patlayıcı bir ortam oluşabilir. Yanıcı sıvıların aerosolleri ve dumanları, alt patlama noktasının altındaki sıcaklıklarda patlayıcı bir ortam oluşturabilir.

Tozlar için geğerli olan patlama sınırları, gaz ve buharlarınkineyle aynı öneme sahip değildir. Toz bulutları genellikle homojen değildir. Toz derişimi, birikme ve ortama yayılma sebebiyle büyük oranda dalgalanabilir. Yanıcı toz birikintileri mevcut olduğunda, patlayıcı ortamların oluşma ihtimali her zaman dikkate alınmalıdır.

#### d) Tutuşmak suretiyle varalanma veya hasara sebep olmaya yeterli patlayıcı ortam miktarı

Patlayıcı ortamın tehlikeli miktarda mevcut olup olmadığının değerlendirilmesi, patlamanın muhtemel etkilerine bağlıdır. Tehlikeli patlayıcı ortamın oluşma ihtimalinin tespitinin mümkün olmadığı durumlarda , tehlikeli ortamın her zaman olduğunun varsayımı yapılmalıdır.

### 3.1.2. Tutuşma Kaynaklarının Belirlenmesi

Patlayıcı ortam oluşmasının patlamaya sebep olabilmesi için ortamda tutuşturucu bir kaynak olması gerekir. En etkili ve çoğunlukla patlayıcı kimyasallar kullanan işletmelerde çoğunlukla karşılaşılan tutuşturucu kaynaklar aşağıda belirtilmiştir.

#### a) Sıcak yüzeyler

Patlayıcı ortamlar ısıtılmış bir yüzeyle temas ederse, tutuşma meydana gelebilir. Sadece sıcak yüzeyin kendisi bir tutuşturma kaynağı olarak görev yapmaz, ayrıca sıcak yüzeyle temas eden ve sıcak yüzey tarafından tutuşturulan bir toz tabakası veya yanıcı bir katı madde de bir patlayıcı ortam için tutuşturma kaynağı olarak görev yapabilir.

Hareketli parçalarda bulunan sıkı mahfazalarda, yabancı maddelerin nüfuz etmesi veya eksenin oynaması da yüksek yüzey sıcaklıklarına sebebiyet veren sürtünmeye yol açabilir.

#### b) Açık Alevler

Alevler, 1000°C'un üzerindeki sıcaklıklardaki yanma tepkimeleriyle ilişkilidir. Çok küçük bile olsalar alevler, en etkili tutuşturma kaynakları arasındadır.

Kaynak veya kesme işlemleri sırasında oluşan kaynak parçacıkları, çok büyük yüzeyli kıvılcımlardır vebu sebeple en etkili tutuşturma kaynakları arasında yer alır.

#### c) Mekanik Kıvılcımlar

Öğütme gibi sürtünme, parçalama veya aşındırma işlemlerinin bir sonucu olarak, taneler katı malzemelerden ayrılır ve ayırma işleminde kullanılan enerjiden dolayı sıcak hale gelir. Bu taneler, demir veya çelik gibi indirgenebilen maddeler ihtiva ederse, bunlar indirgeme işlemine maruz kalır ve dolayısıyla daha da yüksek sıcaklıklara erişebilir. Bu taneler (kıvılcımlar), yanıcı gazlar ve buharlar ile belirli toz-hava karışımlarını (özellikle metal toz-hava karışımlarını) tutuşturabilir. Birikinti halindeki tozlarda, kıvılcımlar alevsiz yanmaya sebep olabilir ve bu durum, patlayıcı ortam için bir tutuşma kaynağı oluşturabilir.

#### d) Elektrikli Cihazlar

Elektrikli cihazlar kullanıldığında, tutuşma kaynağı olarak elektrik kıvılcımları ve sıcak yüzeyler oluşabilir. Elektrik kıvılcımları, aşağıdakilerden kaynaklanabilir:

- Elektrik devrelerinin açılması ve kapatılması,
- Gevşek bağlantılar,
- Kontrolsüz akımlar

Personelin elektrik şoklarına karşı korunması amacıyla çok düşük gerilimlerin (meselâ 50 V'tan daha düşük gerilimlerin) tasarımı ve bu tedbirin patlamaya karşı korunmada uygulanan bir tedbir olmadığı çok açık şekilde anlaşılmalıdır. Ancak, bu değerden daha düşük gerilimler, patlayıcı ortamı tutuşturabilecek yeterli enerjiyi üretebilir.

#### e) Kontrolsüz elektrik akımları ve katodik korozyon koruması

Kontrolsüz akımlar, elektrik ileten sistemlerde veya bunların parçalarında;

- Enerji üretim sistemlerinde dönüş akımı olarak özellikle elektrikli demiryolu hatları yakın çevresinde
- Elektrik tesisatı arızalarına bağlı olarak oluşan kısa devrenin veya toprağa olan kısa devrenin bir sonucu olarak,
- Manyetik indüklemenin (meselâ, yüksek akımlı veya radyo frekanslı elektrik tesisatlarının yakınında ) bir sonucu olarak
- Yıldırım çarpmasının bir sonucu olarak mevcut olabilir.

Kontrolsüz akımları taşıyabilecek bir sisteme ait parçalar ayrıldığında, bağlandığında veya köprülendiğinde hafif potansiyel farklılıklar olması durumunda bile patlayıcı bir ortam, elektrik kıvılcıklarının ve/veya rklarının bir sonucu olarak tutuşabilir. Tutuşma ayrıca bu akım yollarının ısınması nedeniyle de oluşabilir.

#### f) Statik Elektrik

Yangına yol açabilen statik elektrik boşalmaları belirli şartlar altında oluşabilir. Yüklenmiş, yalıtılmış iletken parçalardan olan boşalmalar, kolayca yangına yol açan kıvılcıklara yol açabilir. İletken olmayan malzemelerden yapılan parçalar (bunlar arasında plâstiklerin çoğu ve diğer bazı malzemeler sayılabilir) söz konusu olduğunda, saçaklı boşalmalar ve özel durumlarda hızlı ayırma işlemleri (makaralar üzerinde hareket eden filmler, tahrik bantları ile ilgili işlemler) sırasında veya

iletken ve iletken olmayan malzeme kombinasyonları sebebiyle de gelişen saçaklı boşalmalar mümkündür. Yığın malzemeden konik boşalmalar ve bulut boşalmaları da oluşabilir. Saçaklı boşalmalar, hemen hemen bütün patlayıcı gaz ve buhar ortamlarını tutuşturabilir.

#### g) Yıldırım

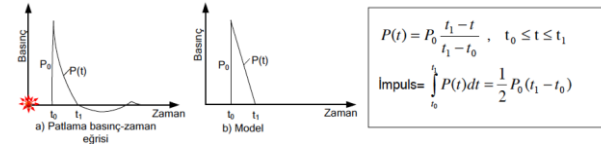
Patlayıcı bir ortam mevcut ise yıldırım düşmesi ile her zaman patlama gerçekleşecektir. Yıldırım oluşan yerde oluşan yüksek akımlar çakma noktasında kıvılcım oluşturur. Yıldırım oluşmasa bile , gök gürültüleri, fırtınalar patlayıcı ortamda kullanılan teçhizatlarda yüksek gerilime sebep olurlar.

### 3.1.3. Tutuşma durumunda patlamanın muhtemel etkilerinin tahmin edilmesi

Patlamaya sebep olacak kriterlerin belirlenmesi neticesinde , patlamanın olası tehlikeleri belirlenir. Bu aşamada tesisin, kullanılan maddelerin ve etkileşimler sonucu oluşabilecek tüm kriterler değerlendirilerek patlamanın hangi bölgeleri etkileyebileceği tespit edilmelidir.

Patlama sonucu oluşan şok dalgası küresel yayılır, patlama noktasına yakın cisimlerin yüzeyine ani bir basınç uygular. Yüzeyde oluşan basınç 2-20 kat büyüyerek yansır. Kapalı hacimde oluşan patlama basıncı tekrar tekrar yansır, fakat her yansımada sonrası basınç düşer. Basınç-zaman eğrisi şekil 2a daki gibidir. Patlamadan t<sub>0</sub> milisaniye sonra şok dalgası cisme ulaşır ve yüzeyine P<sub>0</sub> basıncı uygular. Basınç hızla düşer ve negatif basınç oluşur.

Negatif kuyruk ihmal edilir ve şekil 1b deki gibi modellenir. P<sub>0</sub> basıncı ve basıncın süresi Dt=t<sub>1</sub>-t<sub>0</sub> cismin patlama noktasına uzaklığına, yüzeyinin formuna, yüzeyin malzemesine bağlı olarak değişir. Dt genelde çok kısa, 5-30 milisaniye civarındadır. P<sub>0</sub> basıncı 1-10000 kPa gibi tipik değerler alabilir. 100 kPa civarındaki basıncın kulak zarı yırtılmasına ve ölümcül akciğer tahribatına neden olduğu düşünülürse, oluşan ani basıncın ne denli büyük olabileceği kolayca kavranabilir.



Şekil.2 Patlama Basıncı Modellemesi

Bir patlamanın muhtemel etkilerini tahmin etmek amacıyla aşağıdakiler dikkate alınmalıdır:

- Alevler ve sıcak gazlar,
  - Isıl radyasyon,
  - Basınç dalgaları,
  - Moloz uçuşması,
  - Tehlikeli maddelerin açığa çıkması.
- Yukarıda belirtilen olayların sonuçları;
- Yanıcı maddelerin kimyasal ve fiziksel özellikleri,
  - Patlayıcı ortamın miktarı ve sınırı,
  - Çevre geometrisi (engellerin dikkate alınması gerekir),
  - Mahfaza ve destek yapılarının mukavemeti,
  - Tehlikeye maruz personelin kullandığı koruyucu donanımlar,
  - Tehlikeye maruz cisimlerin fiziksel özellikleri ile ilişkilidir

### 3.1.4. Riskin değerlendirilmesi ve amaçlanan koruma seviyesinin sağlanıp sağlanmadığının belirlenmesi

Bu aşamada , tehlikeli maddelerin ve boşalma kaynaklarının tespiti ile hesaplamalar ve kabuller neticesinde ZONE'lar belirlenir. Gazlar için oluşan tehlikeli hacmin hesaplamaları için EN 60079-10-1 standardında belirtilen çeşitli hesap yöntemleri kullanılmaktadır. Tablo 2'de söz konusu formüller yer almaktadır

Tablo 02. EN 60079-10-1 Standardına göre Teorik Hacim Hesap Formülleri	
$(dV/dt)_{\min} = \frac{(dG/dt)_{\max} \times T}{k \times LEL_m \times 293}$	Minimum temiz hava giriş hızı (kg/s)
$V_z = \frac{f \times (dV/dt)_{\min}}{C}$	Teorik hacim (m <sup>3</sup> )
$\frac{dG}{dt} = S p \sqrt{\gamma \frac{M}{RT} \left( \frac{2}{\gamma+1} \right)^{(\gamma+1)/2(\gamma-1)}}$	Gazlar için choked boşalma hızı hesabı
$\frac{dG}{dt} = S p \sqrt{\frac{M}{RT} \frac{2\gamma}{\gamma-1} \left[ 1 - \left( \frac{p_0}{p} \right)^{(\gamma-1)/\gamma} \right] \left( \frac{p_0}{p} \right)^{1/\gamma}}$	Gazlar için non-choked boşalma hızı hesabı
$\frac{dG}{dt} = S \sqrt{2\rho \Delta p}$	Sıvılar için boşalma hızı hesabı
$V_z = \frac{4}{3} \pi r^3$	Yarı Çap

Yanıcı gaz ve sıvılar için hesaplanan yöntemlerle asgari olarak zone mesafeleri oluşturulmaktadır. Patlayıcı toz sınıflandırmaları için ise hesaplamalardan ziyade standartlarda keskin çizgiler ile tehlikeli bölge sınıflandırılması belirtilmiştir.

Örneğin EN 60079-10-2 standardına göre; silolar, siklonlar veya patlayıcı toz taşıyan sistemlerin içleri zone 20, bu sistemlerin döküldüğü yerlerin 1 m etrafı zone 21, zone 21'in 3 m etrafı ise zone 22'dir.

Zone haritası ATEX 137 standardına tabi tüm işletmeler yapılması gerek bir adımdır. Tehlikeli bölgelerin belirlenmesi risk analizinin nihai çıktısıdır. Bu aşamadan sonra alınacak teknik ve organizasyonel önlemler ile risk değerlendirmesi tamamlanmış olur.

Risklerin değerlendirilmesine devam etmek için teknik önlemler olarak aşağıdaki iki adımı öncelikle değerlendirmek gerekir.

#### - Patlayıcı ortamın oluşmasını önlemek

Patlayıcı ortamın oluşmasının önlenmesi için ya oksijen miktarının azaltılması, yanıcı kimyasalın yerine tehlikesiz kimyasal ile ikame edilmesi, yanıcı kimyasalın derişiminin azaltılması veya inertleştirme yapılması gerekmektedir.

Eğer patlayıcı ortamın oluşması engellenemiyorsa havalandırma bu aşamada etkili bir yöntemdir.

Gazlar, buharlar ve sisler için; havalandırma tasarımını gaz,buhar veya sisin en yüksek boşalma hızında olduğu kabulü

yaılarak ve boşalma kaynağı ve dağılımın yeri uygun bir şekilde tespit edilerek yapılmalıdır.

Tozlar için; havalandırma ancak tozun belirli bir boşalma kaynağından yayılımı olması durumunda yada toz birikintisi olması durumunda etkin bir önlemdir. Tozlar için temizlik talimatlarının mevcudiyeti patlama önlemleri arasında en etkin olanıdır.

Gaz alarm cihazları bir başka teknik önlemdir. Özellikle doğalgaz, lpg, pentan, heksan vb sıklıkla kullanılan kimyasalların yer aldığı tesislerde gaz alarm cihazının bulunması gereklidir.

#### - Tutuşturma kaynaklarının bertaraf edilmesi

Eğer patlayıcı ortamın oluşmasının önlenmesi mümkün olmuyor ise tuşuma kaynaklarının bertaraf edilmesi gerekir. Bunun için ise zone mesafelerini referans olarak elektrikli/elektriksiz tüm tutuşturma kaynaklarının bu mesafeden uzakta olacak şekilde konumlandırılması gerekmektedir. Uygun exproof cihaz seçimi bu aşamada yapılmalıdır.

Patlayıcı gaz/hava, buhar/hava, sis/hava ve toz/hava ortamlarında kullanılacak donanım, koruyucu sistemler ve bileşenler:

- Kategori 3: Sürekli veya sıklıkla oluşabilen tutuşturma kaynakları bertaraf edilmelidir. Bu husus, toz bulutunun yanı sıra toz tabakasına da uygulanır. Burada ayrıca, uzun süreyle ısıya maruz kalan toz birikintilerinin tutuşmasının önlenmesi amacıyla yüzey sıcaklıklarının sınırlandırılması gerekir.

- Kategori 2: Kategori 3'te belirtilen, tutuşturma kaynaklarının bertaraf edilmesine ilave olarak, nadir durumlarda oluşabilen tutuşturma kaynakları da bertaraf edilmelidir. Bu şart, toz bulutunun tutuşmasının yanı sıra toz tabakasına da uygulanır

- Kategori 1: Kategori 2'de belirtilen tutuşturma kaynaklarına ilave olarak, sadece çok nadir durumlarda bile oluşabilen tutuşturma kaynakları da bertaraf edilmelidir. Bu şart, toz bulutunun tutuşmasının yanı sıra toz tabakasına da uygulanır.

Tüm bahsedilen teknik önlemlerin yanı sıra organizasyonel önlemler de riskin değerlendirilmesinde önemli bir aşamadır.

Organizasyonel önlemlerin uygulamaları aşağıdaki gibidir.

- Patlamadan koruma dokümanı ile belirtilen yerlerde yazılı işletme talimatları oluşturulmalı;
- Çalışanlar patlamadan korunma hususunda eğitilmeli;
- Çalışanların yeteri kadar ehliyetli olduklarından emin olunmalı;
- Patlamadan koruma dokümanı ile belirtilen tehlikeli işlerde çalışma izni sistemi (permit-towork system) uygulanmalı;
- Bakım yapılmalı;
- Denetleme ve kontrol yapılmalı;
- Gerekli yerlerde tehlikeli alanlar işaretlenmeli

### 3.1.5. Risklerin azaltılmasına yönelik tedbirlerin göz önünde bulundurulması

Patlamanın olası sonuçlarını en aza indirmek risk değerlendirmenin bir parçasıdır. Eğer patlayıcı ortamın oluşması veya tutuşturma kaynakları bertaraf edilemez ise donanım, koruyucu sistemler ve bileşenler, patlamanın etkileri, güvenli bir seviyeye indirilecek şekilde tasarlanmalı ve yapılmalıdır. Bu tedbirler aşağıda verilmiştir:

#### - Patlamaya dirençli tasarım

Tesisin parçaları olan boru hatları, kaplar ve kazanlar patlamaya karşı yırtılma olmadan dayanıklı şekilde tasarlanmalı. Eğer boru hatları arasında farklı basınçlar mevcutsa giriş basıncı dikkate alınmalıdır.

Patlamaya basınçlı ekipmanların genel olarak ikiye ayrılır

- a) Maksimum patlama aşırı basıncı göz önünde bulundurulur.
- b) Patlamanın bastırılması ve tahliyesi ile basıncın etkilerinin azaltılması amaçlanır.

Fabrika tasarımı sırasında, ya patlama basıncına dayanıklı ya da patlama basıncının yaratacağı şok dalgalarına dayanıklı tasarım yapılmalıdır.

#### - Patlama tahliyesi

Genel anlamda "patlama tahliyesi" başlangıçta kapalı olan işletmede patlama esnasında patlamanın bir dereceye kadar yayılmasına müsaade edilmesini ifade eder ve bu şekilde güvenli bir havalandırmaya yardım edecek araçların hepsini kapsar.

Örneğin patlama olma ihtimali olan bir odanın dışarıya bakan duvarı iç duvarlara göre daha mukavemetsiz yapılır, böylece eğer o oda da bir patlama olursa dış duvar daha mukavemetsiz olacağı için patlama sonucu oluşan basınç dışarı doğru olacaktır. Yine patlama kapıları da patlama rahatlatma araçları olarak kullanılabilir. Eğer patlama rahatlamasından sonra havaya yayılan ürünler şahıslar için tehlike oluşturuyor veya çevreye zarar veriyorsa (örneğin zehirli maddeler açığa çıkıyorsa), patlama rahatlamasına izin verilmez.

#### - Patlama bastırma

Patlamayı bastırma sistemleri, patlamaya mümkün olan en erken seviyede tepki verecek ve en etkili şekilde durduracak sistemlerdir ve bu şekilde planlanmalı ve tasarlanmalıdır. Tesiste patlama sırasında kapalı alanlarda bulunan tank boru hattı gibi sistemlerin içerisine anlık söndürme maddeleri enjekte edilerek maksimum patlama basıncına ulaşılması engellenebilir. Böylelikle ekipmanların azaltılmış basınca göre dizaynı yeterlidir.

#### - Patlama yalıtımı

İşletmenin bir bölümünde meydana gelen patlama işletmenin her bölümüne yayılıyorsa orada ciddi patlamalara sebep olabilir. Bağlantı noktaları ve borularda yayılmanın olayı hızlandırmasıyla patlamanın etkileri şiddetlenebilir. Patlama basıncı öylesine gelişebilir ki normal şartlar altındaki maksimum patlama basıncından da büyük olabilir ve işletmenin parçaları patlama basıncına dayanıklı yapılsalar bile onlara ciddi hasarlar verebilir. Bu yüzden işletmenin bir patlama halinde bu patlamanın yayılmasına neden olacak bölümlerinde, işletmede domino etkisini önlemek için gerekli önlemler alınmalıdır.

Patlamanın yayılmasını önlemek;

- çabuk harekete geçen mekanik izolasyon,

- dar ağızlı alev söndürücü,
- alev tutucu,
- sızdırmaz kapaklar,
- döner vanalar,

yardımla yapılabilir Patlama tehlikesine neden olabilecek patlayıcı gazlar, buharlar, sisler veya yanıcı tozların isteyerek veya istemeyerek ortaya çıkması halinde, bunların güvenli bir yere uygun şekilde yönlendirilmesi veya uzaklaştırılması sağlanacak, bunun yapılması mümkün değil ise ilave önlemler alınmalıdır.

## 4. Sonuçlar

Sonuç olarak ATEX 137 direktifine tabi tutulan tüm tesislerde risk değerlendirilmesi yapılarak tüm tesis bileşenleri ayrı ayrı incelenmelidir. Risk analizinin yapılması aşamasında söz konusu proseslerde çalışan personellerin de bu aşamada yer almalıdır. Tehlikelerin belirlenmesinin akabinde riskler belirtilerek ZONE mesafeleri belirtilmelidir. Zone haritası risk analizinin nihai çıktısıdır. Ancak Zone mesafeleri belirlendikten sonra yapılacak olan değerlendirmelerle birlikte tesiste alınması gereken önlemler ile patlama etkisinin en aza indirgenebilmesi hedeflenmelidir. Patlayıcı ortamın etkilerini azaltabilmek için hem organizasyonel hem de teknik önlemlerin alınması gerekmektedir. Patlama pratikte oldukça zor gerçekleşen bir olay olmasına rağmen bir defa gerçekleşen patlama ile maddi zararların yanı sıra geri dönüşü olmayan ölümlü kazalara sebep olduğu ve çevreye yıllarca etkisi devam edebilecek zararlar verdiği unutulmamalıdır. Bu sebeple tüm önlemlerin eksiksiz bir biçimde alınması; gerek yönetmelikler ile gerekse işletme çalışanlarının (üst yönetim ve tüm personel) temel önceliği olmalıdır.

## 5. Kaynaklar

1. Sarı, M. Kemal, Exproof - Patlayıcı Ortamlar ve Patlayıcı Ortamlarda Kullanılan Elektrik Aygıtları Hakkında Genel Bigi, TMMOB - Elektrik Mühendisleri Odası
2. ATEX Guidelines, European Commission Enterprise and Industry, 4th Edition - September 2012 (Update December 2013)
3. Muhtemel Patlayıcı Ortamda Kullanılan Teçhizat ve Koruyucu Sistemler İle İlgili Yönetmelik (94/9/AT) Resmi Gazete Tarihi: 30.12.2006 Resmi Gazete Sayısı:26392
4. Çalışanların Patlayıcı Ortamların Tehlikelerinden Korunması Hakkında Yönetmelik Resmi Gazete Tarihi/Sayısı: 26.12.2003 / 25328
5. European Commission Directorate-General for Employment, Social Affairs and Equal Opportunities Unit D.4, "Non-binding guide to good practice for implementing Directive1999/92/EC "ATEX" (explosive atmospheres)", (April 2003)
6. Methodology for the Risk Assessment of Unit Operations and Equipment for Use in Potentially Explosive Atmospheres, 17th March,2000, EU Project No: SMT4-CT97-2169