

PATLAYICI ORTAMLARDA İŞ GÜVENLİĞİ

Nihat EĞRİ*

***İş Sağlığı ve Güvenliği Uzmanı**
Kimya Yüksek Mühendisi
İş Sağlığı ve Güvenliği Merkezi Müdürlüğü (İSGÜM)
negri@csgb.gov.tr

Gerek ülkemizde, gerekse dünyanın çeşitli yerlerinde petrol, petrol ürünleri, kimya, doğal gaz, kömür madenleri vb. gibi birçok sanayi kollarında normal çalışma icabı, arıza veya bakım gibi hallerde (Sızan gazlar veya petrol buharı gibi nedenlerle) patlayıcı ortam ile karşı karşıya kalınmaktadır. Bu patlayıcı ortamların oluşmasını önlemek için gerekli tedbirler alınmadığı zaman her yıl birçok sanayi kolunda patlamalar olmakta ve neticede ölümler, ciddi yaralanmalar ve büyük maddi hasarlar meydana gelmektedir. Patlayıcı ortam oluşumunu engellemek, patlayıcı ortamın tutuşmasını önlemek, bunlar mümkün olmuyorsa patlamanın etkisini en aza indirecek tedbirlerin alınması olası birçok kazanın önlenmesi anlamına gelmektedir.

Patlayıcı ortamlarda genel güvenlik önlemlerinin uygulanarak çalışılması, güvenlik açısından zorunluluktur. Bu kuralların uygulanmasının yanı sıra, patlama ve yanmayı önlemenin vazgeçilmez temel iki şartı; patlayıcı limitlerde gaz-hava karışımı ile patlama kaynağı büyüklüklerinin kontrol altında tutularak ikisinin birden aynı anda meydana çıkmalarına sürekli olarak engel olunmasıdır.

Her ne kadar bu unsurlardan birinin meydana gelmesini önlemekle patlama olayı teorik olarak önlenemiyor görülmele beraber, uygulamada bu durumun gerçekleşmesi hemen hemen imkânsız gibidir. Dolayısıyla patlama ihtimalini en aza indirmek için patlayıcı limitlerde gaz-hava karışımı oluşmasına engel olacak tüm tedbirlerin alınmasının yanı sıra patlama kaynağı olabilecek tüm cihaz ve elektrik tesisatının patlamaya karşı korumalı olarak yapılması gerekmektedir.

Temel Kavramlar

Patlayıcı Atmosfer

Patlamanın olması için üç unsurun bir araya gelmesi gerekir. Bunlar oksijen, yanabilir madde(yakıt) ve ateşleme kaynağıdır.

Oksijen

Havada normalde %20,9 oranında oksijen vardır ve bu yanma için yeterli bir miktardır. Bununla beraber oksijenin havada oranının artması maddenin yanma ihtimalini artırır. Oksijen oranının havada %23 'ün üzerinde olması oksijenle zenginleşmiş hava olarak kabul edilir. Bu zenginleşmeye oksijen hatlarında uygun olmayan izolasyon kullanılması, hava yerine oksijen kullanılması veya kaynak cihazlarında sızmalar sebep olabilir.

Alt Patlama Sınırı(Lower Explosion Limit(LEL)): Ortam havasında bulunduğunda, hacimsel olarak patlama oluşturabilecek en az miktardır.

Üst Patlama Sınırı(Upper Explosion Limit(UEL)): Ortam havasında bulunduğunda, hacimsel olarak patlama özelliğini sürdürebileceği en üst sınırdır.

MAK(Müsaade Edilen Azami Konsantrasyon): Kapalı işyeri havasında bulunmasına izin verilen ve sekiz saatlik çalışma sürecince içerdiği kimyasal maddelerin çalışanların sağlığını bozmayacağı kabul edilen derişimdir. Bu oran ppm(ml/m³) veya mg/m³ olarak verilir.

IDLH(Immediately Dangerous to Life or Health)/ CSAT(Cana veya Sağlığa Ani Tehlike): İnsan yaşamı için ciddi tehlike oluşturan ve hemen ortamın terk edilmesi gereken derişimi ifade eder.

Patlama Riskinin Değerlendirilmesi

İşyerinde risk değerlendirmesi yaparken patlayıcı ortamdaki kaynaklanan riskler

- Patlayıcı ortam oluşma ihtimali ve bu ortamın kalıcılığı,
 - Statik elektrik de dâhil tutuşturucu kaynakların bulunma, faal ve etkili hale gelme ihtimalleri,
 - İşyerinde bulunan tesis, kullanılan maddeler, prosesler ile bunların muhtemel karşılıklı etkileşimleri,
 - Olabilecek patlamanın etkisinin büyüklüğü,
- yukarıdaki sayılan maddeler dikkate alınıp değerlendirilecektir.

Değerlendirme Kriterleri:

Patlama riski değerlendirilirken aşağıda sayılan kriterlerde dikkate alınmalıdır:
Ortamda tutuşabilir maddeler mevcudiyeti, Patlayıcı ortama yol açacak patlayıcı karışımın havadaki dağılım oranı, patlayıcı atmosfer meydana gelebileceği yerler, tehlikeli patlayıcı atmosferin oluşma ihtimali, tehlikeli patlayıcı ortamın oluşumunun güvenli bir şekilde önlenip

önlenemeyeceği, tehlikeli patlayıcı ortamın ateşlenmesinin(tutuşmasının) güvenli bir şekilde önlenip önlenemeyeceği ayrı ayrı değerlendirilmelidir.

Ayrıca patlama riskinin değerlendirilmesi yapılırken, “Patlamadan Korunma Dokümanı”nın hazırlanması bu değerlendirmenin yapılmasını kolaylaştıracaktır.

Gerekli risk değerlendirmesi yapıldıktan sonra patlamadan korunmak için alınacak teknik ve organizasyon önlemler uygulanmaya başlanmalıdır.

Patlamadan Korunma İçin Teknik Önlemler

Tehlikeli patlayıcı ortamın önlenmesi

Tehlikeli patlayıcı ortam oluşmasını önlemeye her zaman öncelik verilmelidir. Bu birincil önlem olarak adlandırılır ve patlayıcı ortamlarla ilgili olarak yapılması gereken ilk ve en önemli tedbir **Birincil Önlemlerin** alınmasıdır.

Tutuşabilir maddeler yerine mümkünse başka madde kullanımı

Tutuşabilir maddelerin kullanımından kaçınarak veya onları azaltarak tehlikeli patlayıcı ortam oluşması engellenebilir. Tutuşabilir çözücülerin ve temizleme ajanlarının yerine sulu çözeltiler kullanımı buna bir örnektir. Tozlarda, patlayıcı bir karışım oluşmaması için, kullanılan maddelerin parça boyutunu büyütme bazen mümkündür. Parçacık boyutunun azaltılmadığı süreçlerde tedbir alınmak zorundadır. Tozun yığın oluşturulmaması için tozların ıslatılması veya yapıştırıcı ürünlerin kullanımı bazı işlemlerde mümkündür.

Konsantrasyonların sınırlandırılması

Gazlar ve tozlar havada yalnızca belli konsantrasyonlarda patlayıcıdır. Belli işletme ve çevre şartları altında, bu patlama limitleri dışında bunları muhafaza etmek mümkündür. Eğer bu şartlar güvenilir bir şekilde temin edilirse, orada patlama tehlikesi yoktur.

Kapalı kaplarda ve işletmede, çoğunlukla tutuşabilir sıvıların gazları ve buharlarının konsantrasyonları kolaylıkla patlama limitlerinin dışında tutulabilir.

Örnek: Eğer sıvının yüzeyindeki sıcaklık her zaman patlama noktasının(flash point) altında tutulabilirse ve tutuşabilir sıvıların üstündeki buhar karışımının konsantrasyonun patlama limitinin altında tutulursa muhtemel bir patlama önleyebilir. Üst patlama limiti düşük

parlama noktası ile tutuşabilir sıvı için genelde aşılır (örneğin, bir arabanın benzin deposunda).

Tozlar düşünülduğünde, konsantrasyonların sınırlanmasıyla patlayıcı karışımdan kaçınmak oldukça zordur. Eğer askıdaki toz konsantrasyonu düşük patlama limitinin altında ise, yerleşmiş toz yığınları oluşur(eğer yeteri kadar hava akımı yoksa). Bu tozlar da havada birikip, tehlikeli karışım oluşturabilir.

İnert(işletmede ortam oksijeniyle kimyasal olarak reaksiyona girmeyen maddeler) madde kullanımı:

Tehlikeli bir patlayıcı ortamın oluşması yakıtın seyreltilmesiyle veya işletmede ortam oksijeniyle kimyasal olarak reaksiyona girmeyen maddeler(inert) kullanılarak da engellenebilir.

Bu “inerting” olarak bilinir.

Bu önlemin tasarımı için, patlama meydana gelmeden en yüksek oksijen konsantrasyonunu bilmek gerekir. Bu deneysel olarak belirlenebilir. Maksimum izin verilebilir oksijen konsantrasyonu, sınırlanmış oksijen konsantrasyonundan emniyet sınır konsantrasyonun çıkarılmasıyla bulunur. Eğer yakıt inert bir maddeyle seyreltilirse, maksimum izin verilebilir yakıt konsantrasyonu aynı şekilde belirlenmek zorundadır. Eğer oksijen konsantrasyonu çok çabuk değişiyorsa veya işletmenin farklı bölümlerinde çok farklı olabiliyorsa, çok büyük güvenlik margini(sınır değeri) gerekebilir. İşletim hataları ve ekipman aksaklıkları da düşünülmelidir.

Örneğin: Temel inert gazlar azot, karbondioksit, soy gazlar ve su buharlarıdır. İnert tozları kalsiyum sülfat, amonyum fosfat, sodyum hidrojen karbonat, taş tozları, vb. içerir. Seçilen inert maddelerin yakıtla reaksiyona girmemesi önemlidir.(örneğin alüminyumla karbondioksit reaksiyona girebilir.)

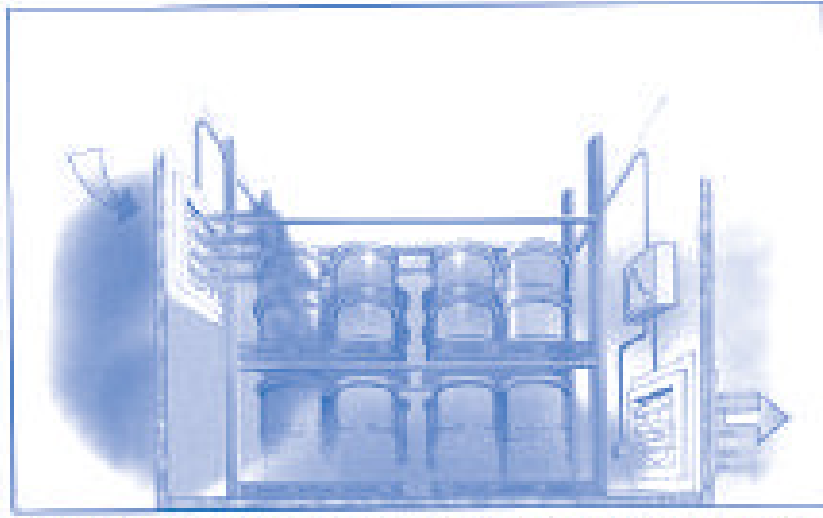
Gazlarla inertleşme genelde gaz yer değişiminin yeteri kadar düşük temin edildiği kapalı ortamlardaki işletmelerde uygulanabilir. Eğer inert gaz olarak işletmede zehirli gazlar kullanılıyorsa ve işletmede rahatça yayılıyorsa, oksijenle yer değiştireceğinden, çalışanlar boğulma ya da zehirlenme riskiyle karşılaşabilirler.

Çalışma ortamı etrafında patlayıcı ortamın oluşumunu sınırlandırmak veya önlemek

Bir işletme etrafında tehlikeli patlayıcı ortamın oluşumu mümkün olduğunca engellenmelidir. Bu kapalı işletmeler yoluyla başarılabilir. İşletmenin bölümleri bu yüzden sızdırmaz olmalıdır. Fabrika tasarımı öngörülen işletme şartları altında önemli bir sızma

meydana gelmeyecek şekilde yapılmalıdır. Bundan emin olmanın yollarından biri düzenli bakımdır.

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 sağlanmalı, bunun yapılması pratik olarak mümkün değilse yayılmalarını önleyecek başka uygun önlemler alınmalıdır.



Resim 1. Havadaki Ağır Gazlar İçin Havalandırma İşleminin Doğru Düzenlenmesinin Örneği



Resim 2. Toz Artıklarının Uzaklaştırılması

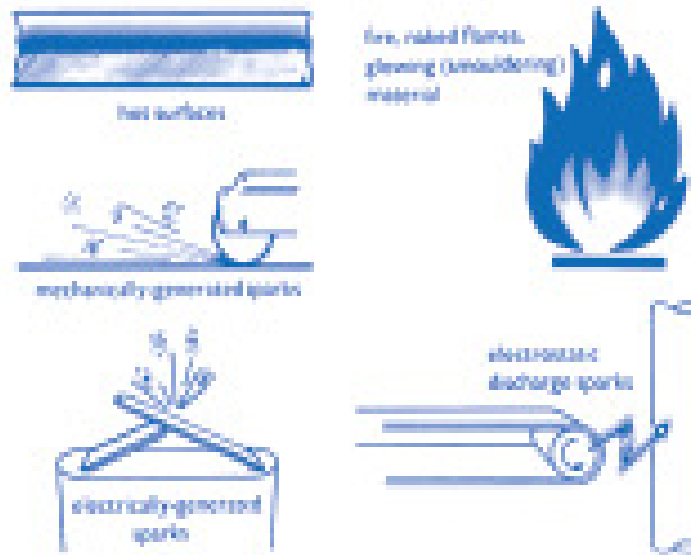
Gaz Alarmları

İşletme civarındaki konsantrasyonlar, örneğin gaz alarmlarıyla, izlenebilir. Bu alarmların kullanımı için önemli öncelikler aşağıdadır:

- Maddelerin muhtemel mevcudiyetinde, kaynağın yeri, maksimum kaynak mukavemeti ve dağılıma şartları yeteri kadar bilinmelidir.
- Cihazın cevap süresi(response time), alarm seviyesi ve çapraz duyarlılık gibi özellikleri kullanım şartlarına uygun olmalıdır.
- Önleme noktalarının yerleri ve sayısı beklenen karışımları hızlı ve güvenilir şekilde algılanabilir olarak seçilmelidir.
- Cihazın etkili olmasıyla koruyucu önlemler alınana kadar hangi alanların riskli olduğu bilinmelidir. Bu acil alanlarda -yukarıdaki noktalara bağlı olarak-ateşleme kaynaklarından sakınılmalıdır.

Ateşleme kaynaklarının patlayıcı ortam ile bir araya gelmesini önlemek

Eğer tehlikeli patlayıcı ortamın oluşmasını engellemek mümkün olmuyorsa, onun ateşlenmesi önlenmelidir. Bu, muhtemel ateşleme kaynaklarının azaltılması veya patlayıcı ortam ile bir araya gelmesinin önlenmesi için alınacak koruyucu tedbirlerle başarılabilir. Etkili tedbirler belirlemek için, ateşleme kaynaklarının farklı tipleri ve onlara müdahale yolları bilinmek zorundadır. Muhtemel böyle bir tehlikeli patlayıcı ortam ve ateşleme kaynağı aynı anda bulunuyorsa ve yeri tahmin edilebiliyorsa, buna göre gerekli önlemlerin kapsamı belirlenmelidir. Bu gerekli tedbirler aşağıda tanımlanan bölge(zone) sistemi bazında yapılır.



Resim 3. Çok Yaygın Ateşleme Kaynakları Örnekleri

Tehlikeli Bölgelerin Sınıflandırılması

Tehlike Bölgeleri (Hazardous Area) patlayıcı hava-gaz karışımının bulunduğu veya bulunma ihtimalinin olduğu yerlerdir.

Patlamayı önleme kurallarının uygulanabilmesi için; yanıcı gaz ve buharlarının havaya karışabilme ihtimalinin olduğu sahaların ve bu sahalar içerisinde yanıcı gaz ve buharlarının bulunabilme ihtimallerinin bilinmesine ihtiyaç vardır. Bunun için bu alanlar aşağıdaki şekilde sınıflandırılmalıdır:

Bölge 0: Gaz, buhar ve sis halindeki parlayıcı maddelerin hava ile karışımından oluşan patlayıcı ortamın sürekli olarak veya uzun süre ya da sık sık olduğu yerler. (Patlama limitlerinin altında, patlama limitlerinde veya patlama limitlerinin üzerinde devamlı olarak veya uzun süreli periyotlarla bulunduğu ya da bulunma ihtimalinin olduğu sahalar. Gaz bulunma ihtimali: $P_a = 1$)

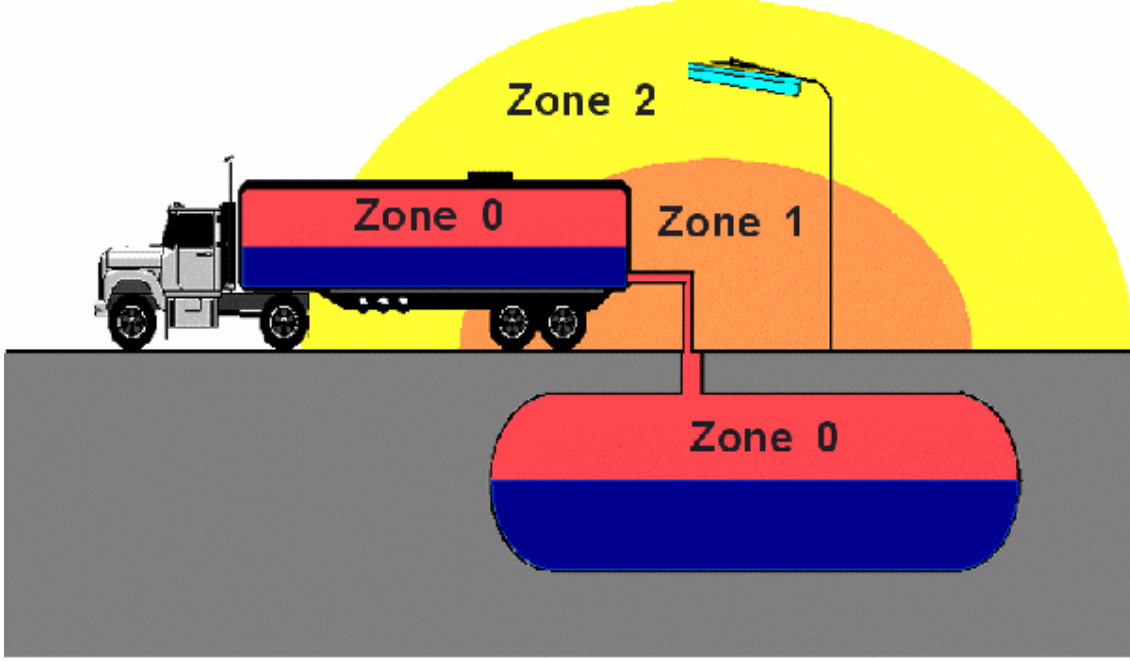
Bölge 1: Gaz, buhar ve sis halindeki parlayıcı maddelerin hava ile karışımından oluşan patlayıcı ortamın normal çalışma şartlarında ara sıra meydana gelme ihtimali olan yerler. (Patlayıcı karışımın zaman zaman veya periyodik olarak oluşabildiği veya oluşma ihtimalinin olduğu sahalar. Gaz bulunma ihtimali: $P_a \sim 1$)

Bölge 2: Gaz, buhar ve sis halindeki parlayıcı maddelerin hava ile karışarak normal çalışma şartlarında patlayıcı ortam oluşturma ihtimali olmayan yerler ya da böyle bir ihtimal olsa bile patlayıcı ortamın çok kısa bir süre için kalıcı olduğu yerler. (Patlayıcı karışımın oluşma ihtimalinin çok az olduğu ortamlar. Gaz bulunma ihtimali: $0 < P_a < 1$)

Bölge 20: Havada bulut halinde bulunan yanıcı tozların, sürekli olarak veya uzun süreli ya da sık sık patlayıcı ortam oluşabilecek yerler.

Bölge 21: Normal çalışma şartlarında, havada bulut halinde bulunan yanıcı tozların ara sıra patlayıcı ortam oluşturabileceği yerler.

Bölge 22: Normal çalışma şartlarında, havada bulut halinde yanıcı tozların patlayıcı ortam oluşturma ihtimali bulunmayan ancak böyle bir ihtimal olsa bile yalnızca çok kısa bir süre için geçerli olduğu yerlerdir.



Resim 4. Zone (Bölge) Sınıflandırması için bir örnek

Koruyucu önlemlerin genişletilmesi

Koruyucu önlemlerin genişletilmesi tehlikeli patlayıcı ortamın ortaya çıkma ihtimaline bağlıdır ve bu yüzden aşağıdaki tabloya göre belirlenmelidir.

Tablo 1. Patlayıcı Alanları Bölgelere Ayırma

Bölgeleme(Zoning)	Ateşleme kaynaklarının(*) güvenli bir şekilde önlenmesi
0 veya 20	• Normal operasyonlarda(aksaklık yok)
	• Önceden görülebilir aksaklıklar durumunda
	• Nadir aksaklıklar olduğunda
1 veya 21	• Normal operasyonlarda(aksaklık yok)
	• Önceden görülebilir aksaklıklar durumunda
2 veya 22	• Normal operasyonlarda(aksaklık yok)

(*) 20, 21 ve 22'nci bölgelerde yığın toz ateşlenme ihtimali göz önünde tutulmalıdır.

Bu tablo bütün ateşleme kaynaklarına uygulanabilir.

Ateşleme Kaynağı Tipleri

Farklı tutuşma kaynaklarından ortaya çıkan tehlikeler kıvılcım, alev, elektrik arkı, yüksek yüzey sıcaklıkları, akustik enerji, optik radyasyon, elektromanyetik dalga ve diğer tutuşma kaynakları gibi muhtemel tutuşma kaynakları oluşmamalıdır.

Statik elektrikten kaynaklanan tehlikeler tehlikeli boşalmalar (deşarjlar), ortaya çıkarabilecek elektrostatik yükler uygun tedbirlerle önlenmelidir.

Endüksiyon elektriği ve kaçak akımlardan kaynaklanan tehlikeler iletken teçhizat parçalarında, tutuşma yaratabilecek örneğin tehlikeli korozyona, yüzeylerin aşırı ısınmasına ya da kıvılcımlara yol açabilecek endüksiyon elektriği ve kaçak akımlar önlenmelidir.

Ateşleme, Değişik Kaynaklarla Sağlanabilir:

- Sıcak yüzeyler
- Elektriksel sıçrama ve kıvılcımlar
- Elektrostatik boşalım



Resim 5. Elektrostatik yüklenmeye yol açabilecek yük ayrılmasına örnekler

- Atmosferik boşalım (yıldırım)
- Mekanik sürtünme ya da çarpmadan doğan kıvılcımlar
- Elektromanyetik yayılım
- Ultrasonik
- Sabit basınç (şok dalgaları)
- İyonlaştırıcı yayılım
- Optik yayılım
- Kimyasal reaksiyonlar
- Açık alevler

Patlamaların etkilerinin azaltılması (azaltma önlemleri)

Birçok durumda tehlikeli ortamı ve belli olan ateşleme kaynaklarını engellemek mümkün değildir. O zaman önlemler kabul edilebilir çapta bir patlamanın etkisini sınırlandırmaya yönelik alınmalıdır.

- patlamaya dayanıklı tasarım;
- patlama rahatlaması;
- patlamayı bastırma;
- patlama yayılmasını ve tutuşmayı önleme.

Bu önlemler genelde montajla başlayıp patlamaların tehlikeli etkilerinin azaltılması ile bağlantılıdır.

Patlamaya dayanıklı ekipman

İşletmenin parçaları, örneğin kaplar, kazanlar ve borular, öyle bir inşa edilmelidir ki bir dâhili patlamada kopmaksızın, kırılmaksızın ayakta kalabilmelidir. İşletmedeki parçaların başlangıç basıncı eğer normal ortam basıncından farklıysa bu da göz önünde tutulmalıdır.

Genelde, patlamaya dayanıklı tasarımlar arasında bir fark vardır:

- maksimum patlama aşırı basıncına göre yapılanlar;
- patlama rahatlaması veya bastırılmasına uygun azaltılmış patlama aşırı basıncına göre yapılanlar.

Patlamaya dayanıklı tasarım

Teçhizat ve koruyucu sistemler, öngörülen ömürleri boyunca emniyetli bir şekilde çalıştırılabilmesi için, patlamaya karşı koruma hakkındaki teknolojik bilgi gerektiği şekilde dikkate alınarak tasarlanmalı ve imal edilmelidir.

Teçhizata ve koruyucu sistemlere dâhil edilecek ya da teçhizatta yedek parça olarak kullanılacak parçalar, üreticinin talimatlarına uygun olarak monte edildiğinde, patlamaya karşı koruma amacı doğrultusunda emniyetli çalışacak şekilde tasarlanmalı ve imal edilmelidir.

Mahfazalı yapılar ve kaçakların önlenmesi yanıcı gaz ya da toz yayabilecek teçhizatlar mümkünse yalnızca mahfazalı yapıda olmalıdır.

Teçhizatta delik, gevşek ek yerleri bulunması halinde, oluşan gaz ya da tozlar mümkün olduğunca teçhizatın dış kısmında patlayıcı ortam oluşturamayacak şekilde tasarlanmalıdır.

Malzemelerin sokulduğu ya da alındığı noktalar mümkün olduğunca, doldurma ya da boşaltma sırasında yanıcı malzeme kaçaklarını sınırlayacak şekilde tasarlanmalı ve teçhiz edilmelidir.

Aşırı ısınmadan kaynaklanan tehlikeler, örneğin, dönerken ya da yabancı madde girmesiyle birbiri ile temas halindeki malzeme ya da parçalar arasındaki sürtünme ya da çarpmadan kaynaklanan aşırı ısınma mümkünse tasarım aşamasında önlenmelidir.

Basınç dengeleme (kompanzasyon) işlemlerinden kaynaklanan tehlikeler teçhizat ve koruyucu sistemler, kendilerinden kaynaklanan basınç dengelemeleri tutuşmaya yol açabilecek şok dalgaları ya da baskılar oluşturmayacak şekilde tasarlanmalı ya da entegre ölçü, kumanda ve regülasyon cihazları ile teçhiz edilmelidir.

Patlama rahatlaması

En geniş bakış açısıyla “ patlama rahatlaması” başlangıçta kapalı olan işletmede patlama esnasında patlamanın bir dereceye kadar yayılmasına müsaade edecek güvenli bir havalandırmaya yardım edecek araçların hepsini kapsar.

Örneğin patlama kapıları rahatlama 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.

Patlamayı bastırma

Patlamayı bastırma sistemleri, patlamaya mümkün olan en erken aşamada tepki verecek ve en etkili şekilde durduracak sistemlerdir ve bu şekilde planlanmalı ve tasarlanmalıdır.

Patlamanın yayılmasını önleme (explosion decoupling)

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 hususi bölümlerinde muhtemel patlamaların sınırlandırılması çok önemlidir. Bu patlamanın yayılmasını önlemekle başarılabilir.

Patlamanın yayılmasını önlemek aşağıda sayılanlarla yapılabilir:

- çabuk harekete geçen mekanik izolasyon;
- dar ağızlı alev söndürücü;
- alev tutucu;
- sızdırmaz kapaklar;
- döner vanalar;

Patlama tehlikesine neden olabilecek parlayıcı gazlar, buharlar, sisler veya yanıcı tozların isteyerek veya istemeyerek ortaya çıkması halinde, bunların güvenli bir yere uygun şekilde yönlendirilmesi veya uzaklaştırılması sağlanacak, bunun yapılması pratik olarak mümkün değilse yayılmalarını önleyecek başka uygun önlemler alınacaktır.

Patlayıcı Ortam Ölçümleri

Bir maddenin yanabilmesi için hava ile belirli oranda karışması gerekir. Bu oran her bir yanıcı madde için farklıdır ve bir alt ve üst sınır değeri içinde yani bir değer aralığı biçiminde ifade edilir. Bir yanıcı maddenin hava içinde patlayabileceği en alt sınıra APS(Alt Patlama Sınırı) (LEL-Lower Explosion Limit) ve hacim içinde patlama özelliğini sürdürebileceği en üst sınıra ise ÜPS(Üst Patlama Sınırı) (UEL- Upper Explosion Limit) adı verilir. Literatürde bu tanımlar yanıcılık içinde kullanılır ve Alt Yanma Sınırı(LFL) ile Üst Yanma Sınırı(UFL) olarak tanımlanır. Değer ve kavram olarak bir farklılık içermediği için LEL ve UEL daha yaygın kullanım alanı bulmaktadır.

Tablo 2. Bazı kimyasalların alt ve üst patlama değerleri

Madde	Alt Patlama Sınırı (LEL) %	Üst Patlama Sınırı (UEL) %
Amonyak	16	25
Aseton	2,6	12,8
Asetilen	3	82
Benzin	1,3	7,1
Hekzan	1,1	7,5
Hidrojen Sülfür	4	44

Karbonmonoksit	12,5	74
LPG	2	9
Metan	5	15
Metil Alkol	7,3	36

Tablo 2’de ortam havası içinde bulunan yanıcı madde buharlarının yanabilecekleri(patlayabilecekleri) aralıkları gösteriyor. Bu değerler elbette sabit değil değışkendirler, yanıcılık sınırları üzerinde etkili olan en önemli etken ise ortamdaki sıcaklıklardır.

Yangın ve patlama güvenliğinin sağlanabilmesi için ortamdaki yanıcı madde buharlarının APS(LEL) değerlerinin altında olması gerektiği açık bir şekilde görülebilir. Kapalı ortamlardaki yanıcı madde varlığını ölçmek için kullanılan gaz ölçüm detektörleri de bu APS(LEL) değerini belirli kesirlere bölerek ölçüm yapmakta(örneğin 0 –100 APS) ve ortamdaki yanıcı maddenin yanıcılık sınırına ne kadar yakın olduğu hakkında bilgi vermektedir. Bu cihazlar ortamdaki muhtemel maddelere göre kalibre edilmektedir(örneğin metan, yaygın kullanılan alkol veya solventler gibi).

Sınırlandırılmış alan çalışmalarında ideal durum, ölçüm yapılan cihazlarda APS(LEL) değerinin sıfır “0” olarak okunmasıdır. Bu durumda içeride sıcak ve/veya ateşli çalışma izni verilebilir. Cihazın üzerinde herhangi bir APS(LEL) değeri okunduğunda giriş izni verilmeden önce mutlak surette havalandırma yapılmalı ve yanıcı maddelerin ortamdaki uzaklaştırılması sağlanmalıdır. Ortamda yanıcı madde varken çalışma yapılması zorunlu ise Tablo 3. de verilen değeri ve öneriler dikkate alınmalıdır.

Tablo 3. APS(LEL) Değerleri ve Giriş Kriterleri

Seviye	Faaliyet
%(0-5)	Giriş izni verilir. Kıvılcım çıkaran işler yapılabilir.
%(≥ 5- 10)	Ölçmeye devam edin, kıvılcım çıkaran tüm faaliyetleri durdurun. Kıvılcım çıkarmayan çalışmalar yapılabilir.

%10-%25 LEL	Olağanüstü dikkat gerektiren durum. Giriş izni verilmez.
\geq %25	Patlama tehlikesine yaklaşıldığını gösterir. Çalışma alanı havalandırılır ve gerekiyorsa terk edilir.

Birçok madde için tutuşma sınır değerleri çeşitli kaynaklarda hazır tablolar halinde bulunmaktadır. Ancak bir gaz karışımı söz konusu olduğunda bu gaz karışımını oluşturan bileşenlerin konsantrasyon ve tutuşma sınırları biliniyorsa bu karışımın alt ve üst sınır değerleri Le Chatelier denklemine göre hesaplanır.

$$Z_k = 100 / (X_1/Z_1 + X_2/Z_2 + \dots + X_i/Z_i)$$

Burada X_i saf karışım içindeki bileşenin hacim yüzdesi, Z_i ise alt veya üst tutuşma sınırıdır.

Tutuşma sınırlarını veren diğer bir ampirik ifade buhar fazındaki parafinler, parafin karışımları ve doğal gaz için:

$$Z_1 = 8 / n + 0,5 \text{ (ALT SINIR)}$$

$$Z_2 = 63 / N + 3,5 \text{ (ÜST SINIR)}$$

şeklindedir. “n” genel formülü C_nH_{2n+2} ’ den ortalama karbon atomu sayısıdır. Çeşitli bileşenler içeren doğalgaz için “n” yakıt gazı toplam hacimdir.

Patlamadan Korunma İçin Organizasyon Önlemleri

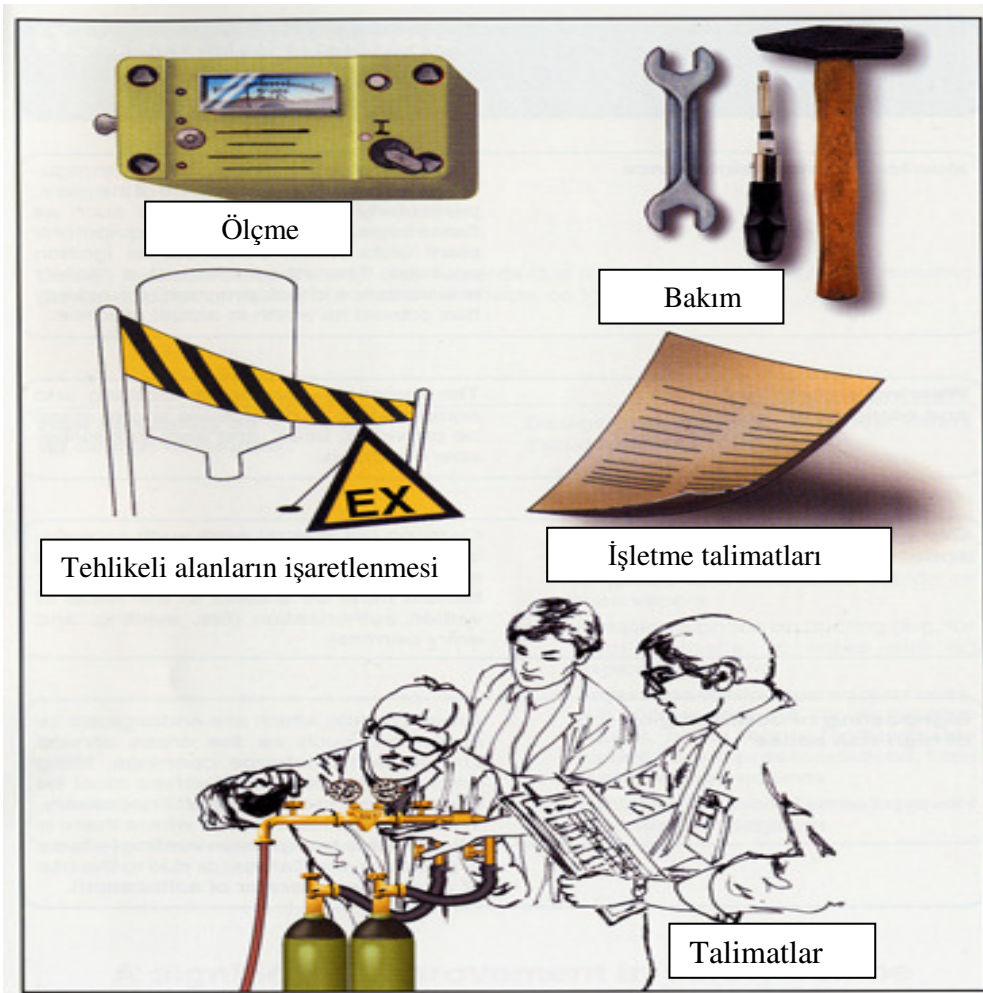
Eğer bir işyerinde potansiyel patlama riski varsa, bu çalışma organizasyonunun belli ihtiyaçları karşılama zorunluluğunu gösterir. Organizasyon önlemleri teknik önlemlerin tek başına kâfi gelmediği yerlerde ve patlamadan korunmanın devam ettirilemediği işyerinde alınmak zorundadır. Pratikte, çalışma ortamı teknik ve organizasyon önlemlerinin kombinasyonu ile de güvenli hale getirilebilir.

Organizasyon önlemleri öyle düzenli bir çalışma prosedürü olmalıdır ki bir patlama esnasında çalışanlar zarar görmemelidir. Düzenlemeler teknik önlemlerin işlediğinden emin olmak için yapılan inceleme, hizmet ve onarımla belirlenmek zorundadır. Organizasyon önlemlerinde çalışma prosedürü ve patlanmadan korunma önlemleri arasındaki muhtemel etkileşimde göz önünde tutulmalıdır. Bu birleşmiş patlamadan korunma önlemleri çalışanlara,

onların sağlığını ve güvenliğini tehlikeye atmaksızın tahsis edilen işlerini yapabilmeyi temin etmelidir.

Aşğıdaki organizasyon önlemleri uygulanmalıdır:

- patlamadan koruma dokümanıyla belirtilen yerlerde yazılı işletme talimatları oluşturulmalı;
- çalışanlar patlamadan korunma hususunda eğitilmeli;
- çalışanların yeteri kadar ehliyetli olduklarından emin olunmalı;
- patlamadan koruma dokümanıyla belirtilen tehlikeli işlerde çalışma izni sistemi (permit-to-work system) uygulanmalı;
- bakım yapılmalı;
- inceleme ve teftiş yapılmalı;
- gerekli yerlerde tehlikeli alanlar işaretlenmeli.



Resim 6. Patlamadan Korunma İçin Organizasyon Önlemlerine Örnekler

İşletme talimatları

İşletme talimatları işveren tarafından çalışanlara yazılı olarak verilen işyerinde uyulması gereken davranış kurallarını içeren ve bağlayıcılığı olan dokümanlardır.

İşletme talimatları işveren veya bu görevi yapmak için tayin edilen ehil bir şahıs tarafından yapılır. İşletme talimatlarının konuları arasında işyerinde patlayıcı ortam riskinin nerede olacağı, patlama riski tehlikesinin mevcudiyeti, nerede hareketli çalışma teçhizatının kullanılacağı, özel kişisel koruyucu donanımın giyilip giyilmeyeceği vb. konular yer alır.

İşçi ehliyeti

Her bir işyerinde, kendisine tahsis edilen patlamadan korunma görevlerini yerine getirebilecek gerekli tecrübe ve eğitime sahip yeteri kadar çalışan bulunmalıdır.

Çalışanların eğitimi

Patlayıcı ortam oluşabilen yerlerde çalışanlara, patlamadan korunma konusunda yeterli ve uygun eğitim sağlanmalıdır. Bu eğitim patlama tehlikesinin nasıl meydana çıkacağı ve işyerinin hangi bölümlerinde mevcut olduğunu içermelidir.

Çalışanlar aşağıdaki durumlarda eğitim almak zorundadır:

- oryantasyon (işe başlamadan önce);
- iş değişikliği veya başka bir işe transfer edildiğinde;
- çalışma teçhizatını ilk kez kullandığında veya değiştirdiğinde;
- yeni teknoloji kullandığında,

Çalışanların eğitimi uygun aralıklarla tekrarlanmalıdır, örneğin yılda bir kez. Ayrıca eğitim tamamlandığında, ne öğrenildiğini kontrol etmek faydalı olabilir.

Çalışma izni sistemi (permit-to-work system)

Eğer işletmede yapılacak herhangi bir çalışmanın, tehlikeli bölgede veya yakınında bir patlamaya sebep olma ihtimali varsa, işletmede bu çalışmayı yerine getirmek için o çalışmayı yapacak kişiye yetki vermek zorundadır. Bu birbirini etkileyen tehlikeye sebep olacak başka çalışmalara da uygulanır. Çalışma izni sistemi böyle durumlarda en kullanışlı sistemdir. Bu bütün ifadeleri kapsayan bir çalışma izni sistemi formuyla uygulanabilir.

Örnek: bir permits-to-formu(çalışma izni formu) aşağıdaki detayları içermelidir:

- çalışmanın tam olarak nerede yapıldığını;
- üstlenilen çalışmanın açık tanımı;
- tehlikenin tanımlanması;

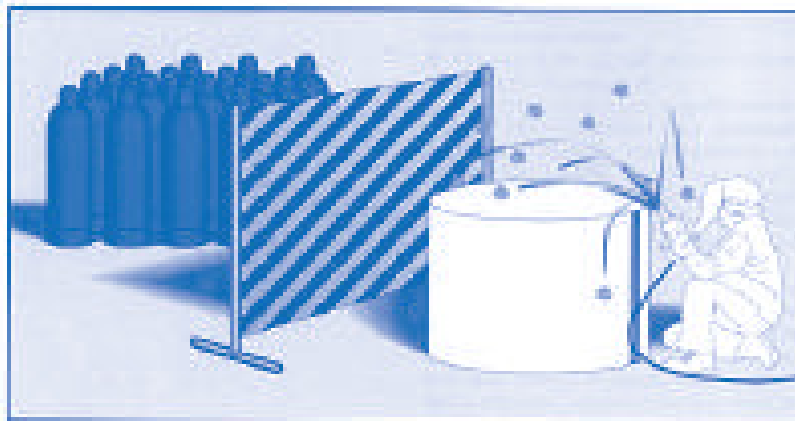
- gerekli tedbirler, bu tedbirleri üstlenen şahıs bu tedbirleri aldığını gösteren bir doküman imzalamalıdır;
- kişisel koruyucu donanım ihtiyaçları;
- çalışmanın ne zaman başladığı ve ne zaman bitmesi beklendiği;
- kabul, onayın bilinmesi;
- işletmenin testte hazır olması;
- çalışma boyunca anormal durumların rapor edilmesi.

Bu çalışma bittiğinde işletmede güvenliğin devam edip etmediği kontrol edilmelidir.

Bakım ve onarım

Tehlikeli bölgelerdeki teçhizatın güvenliği için düzenli bakım gerekmektedir. Bu çeşit bakımı ve onarımı yapan personel patlamaya karşı koruma uzmanının rehberliği altında çalışmalı ve dikkate değer tehlikelerle ilgili bilgilendirilmelidir. Herhangi bir değişiklik ya da onarım yapılmadan önce çalışma esnasında patlama tehlikesinin olmadığı tespit edilmelidir. Bunun için normal olarak resmi yazılı izin belgesi şirket yönetiminden alınmalıdır. Çalışmanın tamamlanmasından sonra hangi işin yapıldığı kaydedilmeli ve tüm ilgili düzenlemenin incelenmiş olduğu doğrulanmalıdır.

Ehil bir uzman patlamaya karşı koruma üzerinde olumsuz etkiye sahip olabilen kapsamlı değişiklikleri kontrol etmelidir. Eğer ilgilenilen cihazın üreticisi değişiklikleri yapmışsa bahsedilen durum gerekli değildir. Parçaları veya tamamen birleştirilmiş cihazları değiştirirken, patlamaya karşı korumalı cihazla ilgili karakteristik veriler not edilmelidir. Sadece üreticiden gelen orijinal parçalar kullanılmalıdır.



Resim 7. Sıçrayan Kıvılcımlara sebep olan bir çalışmada perdeleme örneği

Denetleme ve kontrol

Bir işyerinde tehlikeli patlayıcı ortam oluşabilecek yerler kullanılmadan önce, patlamayla ilgili bütün güvenlik önlemleri kontrol edilip onaylanmalıdır.

İşletmede etkili patlamadan korunma önlemleri alındığı düzenli aralıklarla kontrol edilmelidir. Bu kontrollerin sıklığı alınan önlemin tipine bağlıdır. Bütün bu kontroller yalnızca ehliyetli kişiler tarafından yapılmalıdır.

Ehliyetli şahıslar aldıkları profesyonel eğitim, tecrübe ve güncel profesyonel faaliyetlerin sonucu olarak patlamadan korunma hususunda ayrıntılı bilgiye sahip şahıslardır.

Tehlikeli Alanların İşaretlenmesi

Patlayıcı ortam oluşabilecek yerler için uyarı işareti aşağıda belirtilen şekil ve renklerde olacaktır;



Uyarı işaretinin belirleyici özellikleri;

Üçgen şeklinde,

Siyah kenarlar ve sarı zemin üzerine siyah yazı,

Sarı zemin işaret alanının en az %50'si kadar olmalıdır.

Sonuçlar

İşyerlerinde oluşabilecek patlayıcı ortamların tehlikelerinden çalışanların sağlık ve güvenliğini korumak için patlamadan korunma önlemlerini uygulamak gerekir.

“Patlayıcı, parlayıcı ve yanıcı gaz, toz ve buhar” ile çalışmak veya bu maddeleri işlemek zorunda olan iş yerlerinde alınması gereken ilk ve en önemli tedbir, patlayıcı ortam oluşmasını önlemektir. Bu konuda meslek kuruluşlarının tavsiyeleri olduğu gibi “iş sağlığı ve güvenliği” ile ilgili mevzuatın zorlayıcı yaptırım şartları da mevcuttur. Patlayıcı ortam

oluşmasını önlemek için alınan tedbirler iki bölümde incelenmekte olup en öncelikli ve en önemli olanı “Birincil Tedbirler” dir.

Hedef, patlayıcı ortam oluşmasını önlemektir. Diğer bir ifade ile patlama üçgenindeki “A=patlayıcı madde” ve “B=oksijen” ayaklarını bertaraf etmektir. Patlamadan korunma için gerekli alet kullanımından önce, patlayıcı ortamlarla ilgili olarak yapılması gereken ilk ve en önemli tedbir Birincil Önlemleri almaktır. Kullanılan sanayi prosesine göre alınacak tedbirler çok çeşitli ve değişkendir. En çok kullanılan, yaygın yöntemler, ana başlıkları ile aşağıda izah edilmektedir.

1. En çok kullanılan yöntem, üçgenin Enerji ayağını (C) patlayıcı ortamdaki uzak tutmaktır. Örneğin transformatör ve şalt merkezleri gibi tesisler, patlayıcı ortam oluşma veya oluşma ihtimali olan yerlerden çok daha uzağa monte edilirler. Petrol ve kimya sanayinde çok uygulanan bir yöntemdir. Prensipte, ateşleme kaynağını patlayıcı ortamdaki uzak tutmaktır.

2. Havanın oksijenini bir şekilde azaltarak, patlama noktasının altına düşürmek de mümkündür. Bir adı da “inertising” olan bu yöntem bazı proseslerde uygulanabilmekte ve ortama, prosesi etkilemeyen bir nevi ölü gaz (inert gaz) pompalanarak, patlayıcı ortam oluşması önlenmektedir. Örneğin azot gazı, karbon monoksit veya su buharı pompalanarak oksijen oranı düşürülmektedir. Genelde, havadaki oksijen oranı %10’un altına düştüğünde patlama ihtimali kalmamaktadır.

3. Kullanılan patlayıcı madde oranının “alt patlama sınırının” altında veya “üst patlama sınırını” yukarısında tutulması bazı proseslerde mümkündür. Bu tip proseslerde benzeri bir önlem alınması çok faydalı olabilmektedir.

4. Havalandırma yapılarak patlayıcı gaz veya buharın uzaklaşması sağlanabilir veya patlayıcı ortam oluşması önlenir. Prosesin durumuna göre havalandırma kendiliğinden tabii bir şekilde olabileceği gibi havalandırma sistemleri ile havalandırma yapılarak da patlayıcı ortam oluşması önlenir.

Havalandırma grizulu kömür madenlerinde zorunlu olan bir uygulama yöntemidir. Madenler, hem çalışanların oksijen ihtiyacı ve hem de oluşan metan gazının dışarı atılması için havalandırılmak zorundadır.

5. Bazı patlayıcı ve yanıcı sıvıların içersine ilave madde katılarak patlama noktası (flash point) yükseltmekte ve böylece patlayıcı buhar oluşması önlenmektedir.

6. Patlamaya dayanıklı veya patlama tahribatını önleyici tasarım ile de önlem alınabilir. Bu tip önlemler patlamayı tamamen önlemek için değil, tahribatını azaltmak için yapılır.

- basınç tahliye vanaları (relief valve) ile patlama anında oluşan basıncın tehlikesiz sahaya yönlendirilmesi sağlanabilir.

- patlamayı bastırma (explosion suppression) tertibatları ile patlama enerjisini soğutmak ve ilerlemesini önlemek mümkündür. Bilhassa toz patlamasına karşı uygulama alanı bulunmaktadır.

7. Patlayıcı gaz veya buhar oluşması “buhar bariyeri” denilen özel tertibatlarla önlenmektedir. Bu yöntem sıvı yakıtlarda yaygın olarak kullanılmaktadır.

Birincil önlemler alınmıyor veya bu önlemlere rağmen patlayıcı ortam ihtimali halen mevcut ise, İkincil önlemlere başvurulur yani tehlikeli patlayıcı ortamların ateşlenmesini engellemek gerekir. Bu iki yolda mümkün olmuyorsa patlamaların etkisini azaltıcı önlemler alınmalıdır. Bu koruyucu önlemleri almanın birbiriyle bağlantılı birçok aşaması vardır.(örneğin tasarım, uygun teçhizat ve kişisel koruyucu donanım kullanımı, vb.)

Patlamadan korunma önlemleri sadece maddi birtakım tedbirlerin alınmasıyla etkili olması beklenemez. Bu koruyucu önlemlerin etkili olabilmesi için işveren ve çalışanların sorumluluklarını tam manasıyla yerine getirmesi ve sorumluluk bilincinin gelişmesi içinde patlamadan korunma önlemleriyle ilgili hem işverenin hem de çalışanların periyodik aralıklarla eğitim alması gerekir.

Kaynaklar

1. Arme İstisnai Eğitim ve Danışmanlık Hiz. Ltd. Şti.“Sınırlandırılmış alanlarda güvenli çalışma” Önlem dergisi 2008; 3: 47-51.
2. Sarı M. K., Patlayıcı Ortamlarda Kullanılan Elektrik Aygıtları ve Patlayıcı Ortamlar Hakkında Genel Bilgi. E.M.O.
3. European Commission Directorate-General for Employment, Social Affairs and Equal Opportunities Unit D.4, “Non-binding guide to good practice for implementing Directive 1999/92/EC “ATEX” (explosive atmospheres)”, (April 2003)

4. T.C. Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı, Patlayıcı Ortamların Tehlikelerinden Çalışanların Korunması Hakkında Yönetmelik, 26 Aralık 2003 tarih ve 25328 sayılı Resmi Gazetede yayımlanmıştır.