

T.C.
İSTANBUL YENİ YÜZYIL ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



PATLAMADAN KORUNMA RİSK DEĞERLENDİRMESİ ve
BİR ALÜMİNYUM DÖKÜM FABRİKASINDA PATLAYICI
ORTAM RİSK DEĞERLENDİRMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Muhammed ORTAÇ

131101716

Danışman

Dr. Öğretim Üyesi Tahsin Aykan KEPEKLİ

Mart, 2018

T.C.
İSTANBUL YENİ YÜZYIL ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



PATLAMADAN KORUNMA RİSK DEĞERLENDİRMESİ ve
BİR ALÜMİNYUM DÖKÜM FABRİKASINDA PATLAYICI
ORTAM RİSK DEĞERLENDİRMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Muhammed ORTAÇ

131101716

Danışman

Dr. Öğretim Üyesi Tahsin Aykan KEPEKLİ

Mart, 2018

**T.C.
İSTANBUL YENİ YÜZYIL ÜNİVERSİTESİ
Sağlık Bilimleri Enstitüsü**

**İş Sağlığı ve Güvenliği Ana Bilim Dalı Yüksek Lisans Programı
çerçevesinde yürütülmüş olan bu çalışma aşağıdaki jüri tarafından
Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.**

Tez Savunma Tarihi : .../04/2018

**İmza
Ünvanı Adı ve Soyadı
Üniversitesi
Jüri Başkanı**

**İmza
Ünvanı Adı ve Soyadı
Üniversitesi**

**İmza
Ünvanı Adı ve Soyadı
Üniversitesi**

Özgünlük Bildirisi

1. Bu çalışmada, yardımcı kaynaklardan alınan bütün bilgilerin, ilgili kaynaklar referans gösterilerek açıkça belirtildiğini,
2. Yardımcı kaynakların dışında, çalışmada yer alan özellikle projenin ana konusunu oluşturan teorik çalışmaların ve yazılım/donanımın benim tarafımdan yapıldığını bildiririm.

İstanbul, 03.03.2018

MUHAMMED ORTAÇ

İÇİNDEKİLER

Kabul ve Onay.....	i
Özgünlük Bildirisi	ii
İÇİNDEKİLER	iii
TABLolar LİSTESİ	v
ŞEKİLLER LİSTESİ	vi
RESİMLER LİSTESİ	vii
KISALTMALAR	viii
ÖNSÖZ	ix
1. GİRİŞ	1
1.1. Amaç.....	1
1.2. Kapsam.....	2
1.3. Patlamadan Korunma Risk Değerlendirmesi Hazırlama Yükümlülüğünün Hukuki Boyutu.....	3
2. GENEL BİLGİLER	4
2.1. Tanımlar.....	4
2.2. Mevzuat Bilgileri.....	6
2.2.1. 94/9/AT Yönetmeliği.....	6
2.2.2. Türkiye'deki Mevzuat	6
2.3 Güvenlik Önlemleri.....	8
2.4. Kimyasal Maddeler	10
2.5. Tesis Bilgileri.....	12
2.6 Tesis iş akışı	12
3. GEREÇ VE YÖNTEM	14
3.1. TS 3491 EN 60079 Standartları	14
3.2. IEC 60079 – 10 Standardı.....	14
3.2.1. Tehlikeli Bölge Hesaplamasındaki Kriterler.....	15
3.2.2. Tehlikeli Bölge Hesaplamaları.....	18
3.2.2.1. Sıvıların Boşalma Oranı Hesaplanması	22

3.2.2.2. Kritik basıncın hesaplanması	24
3.2.2.3. Politropik İndeks Hesaplanması (γ).....	24
3.2.2.4. Subsonik (Bloklanmayan) Gaz Boşalma Hızının Hesaplanması	25
3.2.2.5. Sonik (Bloklanmış) Gaz Boşalma Hızının Hesaplanması.....	26
3.2.2.6. Buharlaşıma (Evaporasyon) Boşalma Hızı Hesaplanması.....	26
3.2.2.7. Boşalma Karakteristiği (R_c) Hesaplanması	27
3.2.2.8. Havalandırma Hızları Tablosu IEC 60079 (2015 Standardı).....	27
3.2.2.9 Seyrelme Dereceleri	30
3.2.2.10 Arka Plan Gaz Konsantrasyonu Hesaplanması	34
3.4. Tehlikeli Bölge Kategorileri ve Ekipman Sınıfları.....	35
3.5. Ekipmanların Etiketlendirilmesi	36
4. BULGULAR.....	40
4.1. Kimyasal Madde Sınıflandırmaları	40
4.2. Tesis Saha Tespitleri	42
4.3. Patlayıcı Ortam Bölge Hesaplamaları	44
5. TARTIŞMA	66
6. SONUÇ	70
7. ÖZET	72
8. SUMMARY	73
9. KAYNAKLAR	74
10. EKLER.....	78
11. ÖZGEÇMİŞ.....	79

TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 1 : Kesit alanları değerleri	20
Tablo 2 : Havalandırma hızları değerleri	28
Tablo 3 : Tehlikeli bölge belirlenmesi	33
Tablo 4 : Tesisteki kimyasal madde listesi	41
Tablo 5 : Propan gazı tehlikeli bölge belirlenmesi	49
Tablo 6 : Doğalgaz, tehlikeli bölge belirlenmesi	55
Tablo 7 : Aseton, tehlikeli bölge belirlenmesi	62



ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1 : Yanma üçgeni	5
Şekil 2 : Patlayıcı ortam oluşma oranları.....	5
Şekil 3 : Tesis iş akış şeması	13
Şekil 4 : Flanş ve vana görünümü.....	16
Şekil 5 : Normal flanş ve conta görünümü	16
Şekil 6 : Contası yerinden kaymış flanş görünümü	17
Şekil 7 : Seyreltme derecesinin değerlendirilmesi.....	31
Şekil 8 : Tehlikeli bölge mesafesinin bulunması.....	32
Şekil 9 : Tesis üretim yerleşim planı.....	44
Şekil 10 : Propan gazı seyreltme derecesinin değerlendirilmesi	48
Şekil 11 : Propan gazı emniyet mesafesinin hesaplanması	50
Şekil 12 : Tehlikeli bölge işaretlemesinde renk kodları.....	51
Şekil 13 : Doğalgaz seyreltme derecesinin değerlendirilmesi	54
Şekil 14 : Doğalgaz, flanş emniyet mesafesinin hesaplanması.....	56
Şekil 15 : Tehlikeli bölge işaretlemesinde renk kodları.....	56
Şekil 16 : Doğalgaz flanşı, tehlikeli bölge profil görünümü	57
Şekil 17 : Doğalgaz flanşı, tehlikeli bölge üstten görünümü	57
Şekil 18 : Doğalgaz tesis planı tehlikeli bölge görünümü	58
Şekil 19 : Aseton, emniyet mesafesinin hesaplanması	63
Şekil 20 : Aseton, tehlikeli bölge oluşma alanları	64
Şekil 21 : Tesis, tehlikeli bölge haritası	65
Şekil 22 : Tehlikeli bölge işaretlemesinde renk kodları.....	65

RESİMLER LİSTESİ

Resim 1 : Propan gazı emniyet mesafesinin temsili görünümü.....	51
Resim 2 : Doğalgaz flanşı tehlikeli bölge temsili görünümü	58
Resim 3 : Aseton gazı emniyet mesafesinin temsili görünümü	64
Resim 4 : Anti statik bakır topraklama levhası	69
Resim 5 : Anti statik eldiven.....	69
Resim 6 : Anti statik ayakkabı.....	69
Resim 7 : Anti statik kıyafet.....	69



KISALTMALAR

LFL : Alt patlama limiti

UFL : Üst patlama limiti

ATEX: Patlayıcı atmosfer (Atmospheres Explosives)

EXPROOF : Patlamaya karşı korunmuş donanım (Explosion Protection)

İSG : İş sağlığı ve güvenliği

ÇSGB : Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı

IEC : Uluslar arası Elektroteknik komisyonu (International Electrotechnical Commission)

TS : Türk Standardı

EN : Avrupa Standartları (European Norm)

ÖNSÖZ

Bu projede; Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı'nın 30 Nisan 2013 tarihinde 28633 sayılı Resmi Gazetede yayımlanan "ÇALIŞANLARIN PATLAYICI ORTAMLARIN TEHLİKELERDEN KORUNMASI HAKKINDAKİ YÖNETMELİK" ile ilgili hazırlanması gereken Patlamadan Korunma Risk Değerlendirmesi ile ilgili bilgiler yer almakla birlikte hazırlanan bir belge örneğine yer verilmiştir.

Çalışanların sağlık ve güvenliğinin yanında can kaybı veya maddi zarar verebilecek iş ekipmanlarının da muayene, risk değerlendirme ve tehlikeleri de analiz edilmiştir. ÇSGB tarafından yayımlanan 'ÇALIŞANLARIN PATLAYICI ORTAMLARIN TEHLİKELERDEN KORUNMASI HAKKINDAKİ YÖNETMELİK' gereği patlama olabilecek işyerlerinde hazırlanması gereken doküman Türk Standartlarının öncülüğünde daha da fazla önem kazanmıştır. Kazaların önüne geçilebilmesi için hazırlanacak olan dokümanın işyerinde uygulamaya geçirilmesi ve bu uygulamaların devam ettirilmesi de olabilecek kazaların birçoğunu kaynağında yok edecek veya kabul edilebilir seviyeye indirecektir. Projenin tamamı Patlamadan Korunma Risk Değerlendirmesi ile ilgili birçok işyerinde oluşabilecek kazalar, sebepler ve önlemlerine yönelik olacaktır. Ayrıca gerekli izinlerin alındığı bir işletme de yapılan Patlamadan Korunma Dokümanı Risk Değerlendirmesi de projeye dahil edilecektir.

İş Sağlığı ve Güvenliği Tezli Yüksek Lisans hazırlama ve bitirme süreçlerinde yardımlarını, tecrübelerini ve bilgilerini benden esirgemeyen organize çalışmış olduğum Dr. Öğretim Üyesi Tahsin Aykan KEPEKLİ ve Ali Özhan HAYRAT'a teşekkürlerimi sunarım.

1. GİRİŞ

1.1. Amaç

Patlamadan Korunma Risk Değerlendirmesi projesinin hazırlanış amacı; işyerlerinde patlamaya sebebiyet verecek olan kimyasal madde ve ekipmanların, risk analizlerinin yapılması ve değerlendirilmesi sonucunda tehlikeli bölge hesaplamalarının yapılması ve güvenlik önlemlerinin alınmasıdır. İşyerlerinde kullanılan kimyasalların olabilecek kazalara karşı riskin yok edilmesi veya kabul edilebilir seviyeye indirilmesi İş Sağlığı ve Güvenliği açısından son derece önemlidir. Riskin ortadan tamamen kaldırılması ilk öncelik olmakla birlikte bu mümkün değilse risk sınırlandırılarak izole edilir. Riskin sınırlandırılması sonucunda kabul edilebilir seviyeye ulaşmadığı tespiti sonunda toplu koruma yöntemlerine ve daha sonra kişisel koruyucu donanımlara yer verilmektedir. Kişisel koruyucu donanım, patlama veya olası risklere karşı her zaman en son tedbir olarak dikkate alınmalıdır.

İşyerlerinde patlama ihtimali olan her alanda Patlamadan Korunma Risk Değerlendirmesi hazırlanmalıdır. Patlamadan Korunma Risk Değerlendirmesi sonucuna göre tehlike arz eden bölgelerde teknik önlemler ve organizasyon önlemleri alınmalıdır. Teknik önlemlerin ehil kişiler tarafından yapılmış olması ve denetim ile birlikte takip yapılması son derece önemlidir. Organizasyon önlemlerinde ise; iş akış prosedürü ele alınarak beyin fırtınası yapılmalıdır. Teknik ve organizasyona yönelik önlemler alınırken aşağıda belirtilen temel ilkelere ve verilen öncelik sırasına uyulur;

- a) Patlayıcı ortam oluşmasını önlemek,
- b) Yapılan işlemlerin doğası gereği patlayıcı ortam oluşmasının önlenmesi mümkün değilse patlayıcı ortamın tutuşmasını önlemek,
- c) Çalışanların sağlık ve güvenliklerini sağlayacak şekilde patlamanın zararlı etkilerini azaltacak önlemleri almak¹.

1.2. Kapsam

Patlamadan Korunma Risk Değerlendirmesi; 30.04.2013 tarih ve 28633 sayılı resmi gazetede yayımlanan Çalışanların Patlayıcı Ortamların Tehlikelerinden Korunması Hakkında Yönetmelik kapsamında belirtilen 6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği kapsamına giren ve patlayıcı ortam oluşma ihtimali bulunan işyerlerini kapsar. Patlamadan Korunma Dokümanının kapsam dışı olan durumlar aşağıda yer almaktadır;

a) Yönetmelik

- ▶ Hastalara tıbbi tedavi uygulamak için ayrılan yerler ve tıbbi tedavi uygulanması,
- ▶ 01.04.2011 tarihli 27892 sayılı Resmi Gazete 'de yayımlanan Gaz Yakan Cihazlara Dair Yönetmelik (2009 / 142 / AT) kapsamında yer alan cihazların kullanılması,
- ▶ Patlayıcı maddelerin ve kimyasal olarak kararsız halde bulunan maddelerin üretilmesi, işlemlerden geçmesi, kullanımı, depolanması ve nakledilmesi,
- ▶ Sondaj yöntemiyle maden çıkarma işleri ile yer altı ve yerüstü maden çıkarma işleri,
- ▶ Patlayıcı ortam oluşabilecek yerlerde kullanılan her türlü taşıma aracı hariç, uluslararası antlaşmaların ilgili hükümlerinin uygulandığı kara, hava ve su yolu taşıma araçlarının kullanılması

b) IEC 60079-10-1 ve IEC 60079-10-2 Kapsam Dışı Olan Yerler

- Grizuya maruz tüm madenler,
- Patlayıcı madde imalat ve işlem yapılan yerler,
- Felaket düzeyindeki hatalar veya normal çalışma şartları dışında kalan ve ender rastlanan anormal arızalar,
- Tıbbi medikal ortamlar,

- Gaz dağıtım kuruluşlarının kurallarına göre kurulmuş olup, yalnızca su ısıtma ve yemek yapma gibi gayeler ile ticari ve sınai tesislerde kullanılan düşük basınçlı tesisler,
- İskan için kullanılan konutlar,
- Toz veya liflerin oluşturduğu tehlikeli ortamlar. Toz ve gazın birlikte hibrit karışım oluşturduğu durumlarda IEC 60079-10-2 de verilen prensipler kullanılmalıdır ^{1,2}.

1.3. Patlamadan Korunma Risk Değerlendirmesi Hazırlama Yükümlülüğünün Hukuki Boyutu

İşyerlerinde, işverenin Patlamadan Korunma Dokümanı hazırlama yükümlülüğü 6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu'nun 30'uncu maddesine istinaden çıkarılan Çalışanların Patlayıcı Ortamların Tehlikelerinden Korunması Hakkında Yönetmeliğinin 10'uncu maddesinde yer almaktadır. Söz konusu yönetmelik 16.12.1999 tarihi ve 1999/92/EC sayılı Avrupa Parlamentosu ve Konseyi Direktifine paralel olarak hazırlanmıştır. Çalışanların patlayıcı ortamların tehlikelerinden korunması hakkında yönetmeliğinin 10'uncu maddesine göre işveren, patlamadan korunma risklerini değerlendirme yükümlülüğü kapsamında patlamadan korunma dokümanı hazırlamak zorundadır.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Tanımlar

- Patlayıcı Ortam: Yanıcı maddelerin gaz, buhar, sis ve tozlarının atmosferik şartlar altında hava ile oluşturduğu ve herhangi bir tutuşturucu kaynakla temasında tümüyle yanabilen karışımı ifade eder.
- Patlayıcı Madde: Buldukları hacimden kimyasal değişikliğe uğrayarak çok hacimde gaz, yüksek derecede ısı meydana getirebilen katı, sıvı ve gaz haldeki tüm kimyasal bileşim ve karışımlardır.
- Parlama Noktası: Belirli şartlar altında, sıvının yaydığı buharın alev alabilir buhar/hava karışımı oluşturabilmesi için gereken en düşük sıcaklıktır.
- Muhtemel Patlayıcı Ortam: Yerel şartlar ve işletme şartları nedeniyle patlayıcı olabilen bir ortamı ifade eder.
- Muhtemel Patlayıcı Ortamlarda Kullanılacak Teçhizat: Malzemenin işlenmesi için ayrı ayrı veya birlikte, enerjinin üretilmesi, aktarılması, depolanması, ölçülmesi, kontrolü ve dönüştürülmesi için kullanılacak olan ve muhtemel tutuşturma kaynakları ile patlamaya yol açabilecek makine, aparat, sabit veya seyyar cihazlar, bunların kumanda aksamları ile cihazları algılama ya da koruma sistemlerini ifade eder.
- Tehlikeli bölgeler: Patlayıcı hava-gaz karışımının bulunduğu veya bulunma ihtimalinin olduğu yerlerdir.
- Patlama: Katı, sıvı veya gaz halindeki patlayıcı maddelerin kıvılcım, reaksiyon veya şok etkisiyle ateşlenmesi sonucu yüksek derecede ısı, ışık, gaz, ses ve basınç meydana getirerek hava içerisinde aniden ve şiddetle yayılma olayına patlama denir. Patlama; yüksek hızda yanmadır ve 1/10.000 saniyede oluşur³.
- Yanma: Yanıcı bir maddenin, ısı yardımı ile oksijenle reaksiyon oluşturmasına denir. Yanma oluşması için aşağıdaki üçgenin bütün bölümlerinin tamamlanması şarttır ;



Şekil 1 : Yanma üçgeni

- Patlayıcı Gaz Ortamı: Normal şartlar altında havanın gaz veya buhar halindeki yanıcı maddelerle yaptığı karışımdır. Patlayıcı ortam oluşması için yeterli miktarda hava ve yanıcı madde konsantrasyonu oluşmalıdır. Eğer, gereğinden fazla veya eksik oranlar oluşursa patlayıcı ortam oluşmayacaktır. Aşağıdaki tablo da karışım oranları ve patlayıcı ortam özellikleri verilmiştir :

- ➔ Gaz, buhar, toz halinde yanıcı madde
- ➔ Hava (Oksijen)
- ➔ Tutuşturucu Kaynağı



Şekil 2 : Patlayıcı ortam oluşma oranları

- Yanıcı Sıvı: Öngörülebilir çalışma şartlarında yanabilir buhar çıkaran maddelerdir.
- Yanıcı Gaz veya Buhar: Hava ile belli oranda karıştığı zaman patlayıcı gaz ortamı oluşturan, gaz veya buhardır.
- Patlayıcı Gaz Ortamının Alev Alma Sıcaklığı: Belirli şartlar altında, gaz veya buhar halindeki yanıcı madde ile havanın yaptığı karışımın alev aldığı, ısıtılmış bir yüzeyin en düşük sıcaklığıdır.
- Alt Patlama Limiti (LFL) : Havada yanıcı bir maddenin gaz bulutunun patlayabilmesi için gereken minimum konsantrasyondur.
- Üst Patlama Limiti (UFL) : Havada yanıcı bir maddenin gaz bulutunun patlayabilmesi için bulunması gereken maksimum konsantrasyondur⁴.

2.2. Mevzuat Bilgileri

2.2.1. 94/9/AT Yönetmeliği

Yönetmelik; muhtemel patlayıcı ortamlarda kullanılmak için tasarlanmıştır. Teçhizat, koruyucu sistemleri kapsamaktadır. Kapsama alanı dahilinde elektrikli motorlar, kompresörler, dizel motorlar, aydınlatma tesisatları, kontrol ve iletişim cihazları, ölçme ve tespit cihazları vs. bulunmaktadır. Muhtemel patlayıcı ortamlarda kullanılacak teçhizat ve koruyucu sistemlerin sağlık ve emniyet gerekliliklerini karşılaması önceliklidir. Bu gruplar;

- ▶ I. Grup Teçhizat: Madenlerde (M1, M2)
- ▶ II. Grup Teçhizat: Maden dışında (Kategori 1,2,3)

2.2.2. Türkiye'deki Mevzuat

30 Nisan 2013 Salı günü 28633 Sayı ile yayımlanan Çalışanların Patlayıcı Ortamların Tehlikelerinden Korunması Hakkında Yönetmelik'te

işyerlerinin uygulaması gerekenleri, hazırlanması ve kontrol edilmesi gereken bazı durumlar aşağıda belirtilmiştir:

İKİNCİ BÖLÜM

İşverenin Yükümlülükleri

Patlamaların önlenmesi ve patlamadan korunma

MADDE 5 - (1) İşveren, patlamaların önlenmesi ve bunlardan korunmayı sağlamak amacıyla, yapılan işlemlerin doğasına uygun olan teknik ve organizasyona yönelik önlemler alır. Bu önlemler alınırken aşağıda belirtilen temel ilkelere ve verilen öncelik sırasına uyulur;

- a) Patlayıcı ortam oluşmasını önlemek,
- b) Yapılan işlemlerin doğası gereği patlayıcı ortam oluşmasının önlenmesi mümkün değilse patlayıcı ortamın tutuşmasını önlemek,
- c) Çalışanların sağlık ve güvenliğini sağlayacak şekilde patlamanın zararlı etkilerini azaltacak önlemleri almak,

(2) Birinci fıkrada belirtilen önlemler, gerektiğinde patlamanın yayılmasını önleyecek tedbirlerle birlikte alınır. Alınan bu tedbirler düzenli aralıklarla ve işyerindeki önemli değişikliklerden sonra yeniden gözden geçirilir.

2- Tehlikeli yerlerin sınıflandırılması

Tehlikeli yerler, patlayıcı ortam oluşma sıklığı ve bu ortamın devam etme süresi esas alınarak, bölgeler halinde sınıflandırılır.

Ek – 2'ye göre alınacak önlemler, yapılan bu sınıflandırmaya göre belirlenir.

- Bölge 0 : Gaz, buhar ve sis halindeki yanıcı maddelerin hava ile karışımından oluşan patlayıcı ortamın sürekli olarak veya uzun süreli ya da sık sık olduğu yerler.
- Bölge 1 : Gaz, buhar ve sis halindeki yanıcı maddelerin hava ile karışımından oluşan patlayıcı ortamın normal çalışma koşullarında ara sıra meydana gelme ihtimali olan yerler.
- Bölge 2: Gaz, buhar ve sis halindeki yanıcı maddelerin hava ile karışarak normal çalışma koşullarında patlayıcı ortam oluşturma ihtimali olmayan yerler ya da böyle bir ihtimal olsa bile patlayıcı ortamın çok kısa bir süre için kalıcı olduğu yerler^{5,6}.

Ek – 2 ÇALIŞANLARIN SAĞLIK VE GÜVENLİKLERİNİN PATLAYICI ORTAM RİSKLERİNDEN KORUNMASI İÇİN ASGARİ GEREKLER

1. Organizasyon önlemleri

1.1. Çalışanların eğitimi

İşveren, patlayıcı ortam oluşabilen yerlerde çalışanlara, patlamadan korunma konusunda yeterli ve uygun eğitimi sağlar.

1.2. Yazılı talimatlar ve çalışma izni

Patlamadan korunma dokümanında gerekli görülmesi halinde;

- a) Tehlikeli yerlerde çalışma, işveren tarafından düzenlenen yazılı talimatlara uygun yapılır.
- b) Gerek tehlikeli işlerin yapılmasında, gerekse başka çalışmalarını etkileyerek tehlikeye neden olabilecek diğer işlerin yapılmasında, çalışma izin sistemi uygulanır⁷.

2.3 Güvenlik Önlemleri

Projede örnek olarak gösterilen Patlamadan Korunma Risk Değerlendirmesinde uygulanacak güvenlik önlemleri, ilk olarak insanları, sonra canlıları ve en son ise işletmeyi koruyacak şekilde organize edilmelidir. Alınacak tedbirlerde riskin kaynağında yok edilmesi öncelikli olacak şekilde, mühendislik yöntemleri, izole etme ve kişisel koruyucu donanım kullanma önlemleri alınmalıdır. Teknik önlemler, riski kaynağında yok etmeye yönelik daha sağlıklı sonuçlar verebilmektedir. Özellikle kimyasal maddelerin açıkta kullanılması, iç ortamın havalandırmasız olması veya Exproof ekipmanların kullanılmaması bunlara olumsuz örnek olarak gösterilebilir. Hazırlanacak olan risk analizine göre tehlikelerin, exproof cihazlar ile kabul edilebilir seviyeye indirilebilmesinin ardından kişisel koruyucu donanım da kullanılması olabilecek kaza ve hastalıkları önleyecektir.

Teknik önlemler; işyerinin, ekipmanlar üzerinde direkt olarak riskin kaynağına yönelik yapılan çalışmalardır. Açıkta bulunun bir kimyasal maddenin havadan hafif olmasını göz önünde bulundurursak yapılacak olan lokal havalandırma kimyasal maddenin gaz çıkışını emiş yöntemiyle toplayacaktır. Havadan ağır olan gazlar için ise süpürme yöntemiyle gazın toplanması yapılabilmektedir. Bu tür teknik önlemlerde dikkat edilecek en önemli husus; önlemlerde kullanılan ekipmanın kimyasallara uygun standartlarda olmasıdır. Teknik önlemlerde sık karşılaşılan durumlardan birisi birden fazla kimyasal maddenin karıştırılma ortamıdır. Bu tür karışımların yapıldığı bölümler tecrit edilerek, özel kabinlerde havalandırma yapılmalıdır. Özel kabinlerin mümkün olmadığı durumlarda akrobatik kollar yardımıyla karışımın yapıldığı bölgeye yine havalandırma yapılabilmektedir.

Organizasyona yönelik önlemler; Patlamadan Korunma Dokümanının bir diğer güvenlik önlemleri konusunu barındırmaktadır. Bu konuda çalışanlardan kaynaklanan tehlikelerin eğitim ve talimatlar ile kabul edilebilir seviyeye indirmek hedeflenmektedir. Teknik önlemler ve organizasyona yönelik önlemler birlikte uygulanmalıdır. Çünkü organizasyona yönelik önlemler alınmadığı takdirde çalışanlar tarafından teknik önlemler devre dışı bırakılabilmekte veya tam olarak risk giderilememektedir. Organizasyona yönelik önlemlerin temel hedefi bilinçlendirme eğitimleri ve talimatlardır. Talimat hazırlama ve faaliyetleri uygulama işin gerekliliklerinin en büyük bölümünü oluşturmaktadır. İşyerinde yapılan patlamadan korunma risk değerlendirmesine istinaden bütün kimyasalların kullanım alanlarında Malzeme Güvenlik Bilgi Formlarının yer almasındaki en büyük avantaj çalışanlara yönelik olmasıdır.

2.4. Kimyasal Maddeler

Projede örnek olarak verilen Patlamadan Korunma Risk Değerlendirmesine ait kimyasal maddeler aşağıda listelenmiştir. Kimyasal maddelerin Malzeme Güvenlik Bilgi Formları üretici firmalardan tedarik edilmiş ve detaylı olarak ele alınmıştır. Bu aşamada Patlamadan Korunma Risk Değerlendirmesi için gerekli olan bilgilerin yer almadığı Malzeme Güvenlik Bilgi Formları en büyük problemlerden biridir. Bu gibi durumlarda kimyasal maddeye ait Malzeme Güvenlik Bilgi Formunun detaylı araştırmalar sonucunda verilerin elde edilmesi gerekmektedir. Malzeme Güvenlik Bilgi Formunda bulunması gereken asgari bilgiler aşağıda listelenmiştir:

- ▶ Madde/Müstahzar ve üreticinin kısa tanımı veya ismi
- ▶ Kimyasal bileşimi/bileşimleri
- ▶ Kimyasal maddenin tehlikeleri/riskleri/zararları
- ▶ Kaza sonucu yayılmaya karşı alınacak tedbirler
- ▶ Kimyasal maddenin kullanım ve depolama özellikleri
- ▶ Maruziyeti ve kişisel korunma bilgileri
- ▶ Maddenin kimyasal ve fiziksel özellikleri
- ▶ Maddenin kimyasal kararlılığı ve reaktivitesi
- ▶ Acil durumda ilk yardım bilgileri
- ▶ Acil durumda yangınla mücadele bilgileri
- ▶ Toksikolojik bilgi
- ▶ Ekolojik bilgi
- ▶ Bertaraf bilgileri
- ▶ Taşımacılık ve saklama bilgileri
- ▶ Yasal mevzuat bilgileri

Kimyasal maddeler karışımdan oluşmaktaysa; karışım içinde yer alan kimyasal maddelerin tek tek kontrolü sağlanmalı ve en tehlikeli, patlama oranı en yüksek kimyasal madde göz önünde bulundurulmalıdır. Bu kimyasal madde diğer kullanılan kimyasal maddeler ile karşılaştırılarak yine patlama riski en yüksek olanı seçilerek hesaplama yapılmalıdır. İşletme de kullanılan kimyasal maddelerin tamamı aşağıda listelenmiştir:

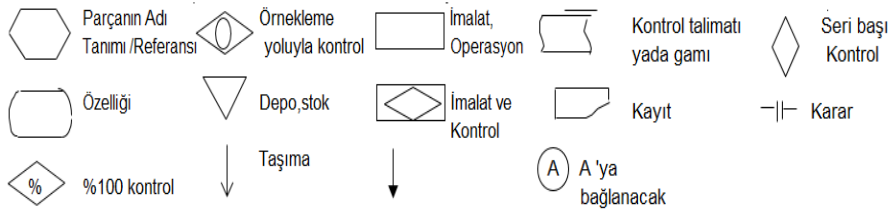
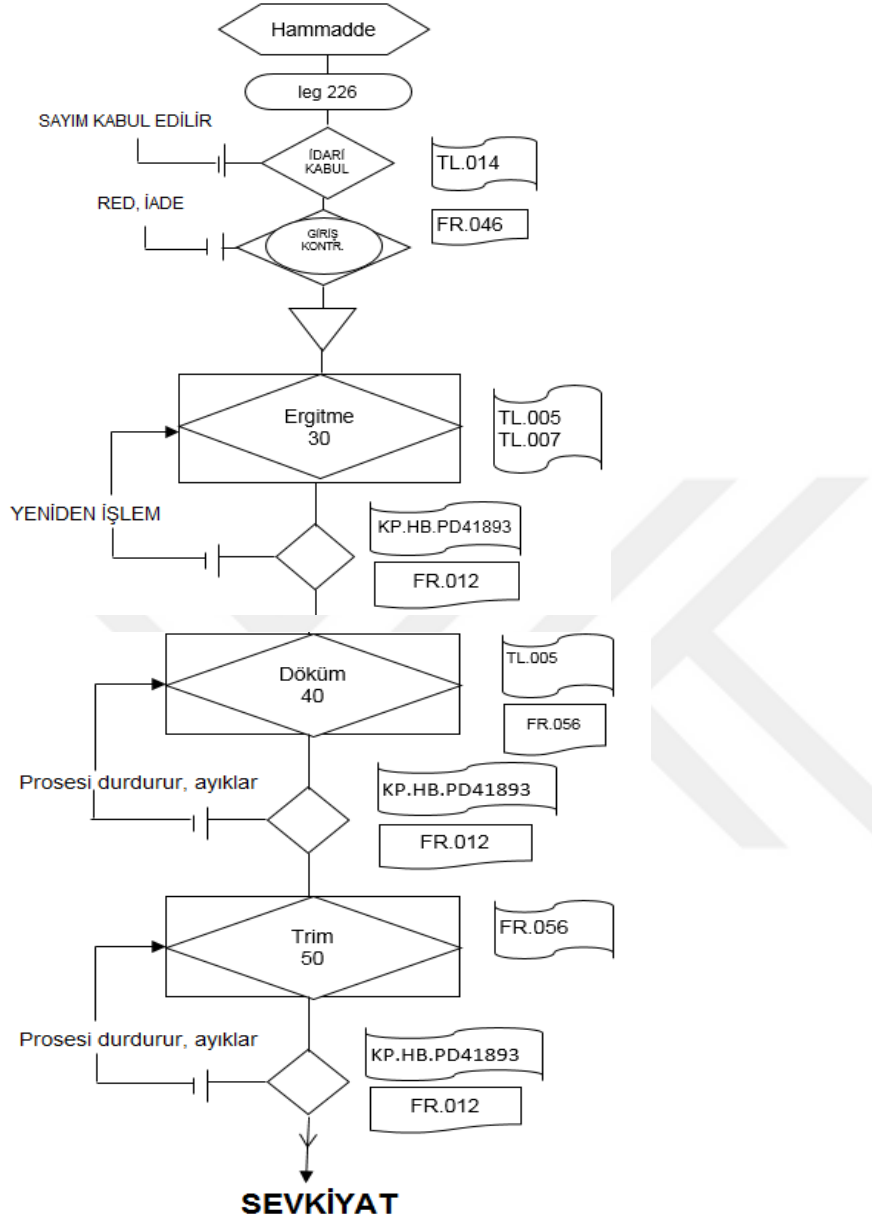
- TELAT
- RAS 82
- FALCON
- EMBER
- SEMBOL SELÜLOZİK TİNER
- BOYAS YOL ÇİZGİ BOYASI
- AZOT (GAZ)
- ARGON (GAZ)
- PROPAN (GAZ)
- OKSİJEN (GAZ)
- STELLO (GEAR) 220
- ATHERMA M 32
- GEYSER ST 68
- TÜRK HAYAT SELÜLOZİK TİNER
- TEKPURAL A
- TRENEX ALSI PASTÖS
- TRENEX AL
- TRENEX SPEZİALWACHS VM 1620
- GRANÜLLÜ PİSTON YAĞI
- LADLE COATING RED
- TRENEX 8000/16
- PRIMERA PARLAK BOYA
- POLIROAD
- DOĞALGAZ

2.5. Tesis Bilgileri

Tesis alüminyum döküm fabrikası olarak, temel işlemlerde ergitme ve basınç ile kalıplama yer almaktadır. Farklı bölümlerden oluşan tesiste; alüminyum ergitme, alüminyum basınçlı kalıp basma, baskı ve kalite kontrol alanları bulunmaktadır. Ham madde olarak külçeler halinde alüminyum kalıpları dışarıdan alınmaktadır. Külçeler halinde gelen alüminyum kalıpları ergitme kazanlarında 700°C de ısıtılarak akışkan hale getirilmektedir. Ergitme kazanı iki farklı bölümden oluşmaktadır. Birbiri ile bağlantılı olan kazanlardan 1. si ham maddenin aktarıldığı, 2.si ise sıvının sürekli sabit sıcaklıkta tutulduğu bölümdür. 1. ergitme kazanında ısıtılan ham madde akışkan kıvamına geldikten sonra 2. ergitme kazanında toplanmaktadır. 2. ergitme kazanında toplanan alüminyum, baskı potalarına aktarılmak için hazır bekletilmektedir. Baskı potaları ilk işleme başlamadan önce, uzun bir süre soğumaya bırakıldıysa LPG ile ısıtma işlemi yapılmaktadır. Bu ısıtma işlemi üretilen parçaların iç ve dış yapısının mukavemeti yüksek olmasını oldukça fazla etkilemektedir. Baskı potalarında bulunan tali kazanlar otomatik veya el ile alınarak kalıp içine yerleştirildikten sonra sipariş üzerine farklı ürünler üretilmektedir. Ürünler sıcak baskı makinasından çıktıktan sonra, soğuk baskı makinalarında temizlenmekte ve kalite kontrol bölümüne aktarılmaktadır. Tesiste toplam 71 çalışan bulunmaktadır.

2.6 Tesis iş akışı

Tesiste, alüminyum döküm ve kalıplama işi olduğundan dolayı siparişe göre kalıp değişiklikleri görülmektedir. Ham maddenin değişmediği üretim bölümünde sadece ortaya çıkan kalıplar değişiklik göstermektedir. Aşağıda sipariş üzerine oluşturulan bir iş akış şeması verilmiştir:



Şekil 3 : Tesis iş akış şeması

3. GEREÇ VE YÖNTEM

3.1. TS 3491 EN 60079 Standartları

Patlamadan Korunma Risk Değerlendirmesinde, patlayıcı ortam oluşma ihtimalinin hesaplanması ve değerlendirilmesi, statik elektrik de dahil tutuşturucu kaynakların bulunma, aktif ve etkili hale gelme ihtimalleri, işyerinde bulunan tesis, kullanılan maddeler, prosesler ile bunların muhtemel karşılıklı etkileşimleri ve olabilecek patlama etkisinin büyüklüğünün, tehlike sınıfının belirlenmesinin ve tehlikeli bölge haritalarının çıkarılması TS EN 60079-10-1 ve TS EN 60079-10-2 (2015) standartlarına göre yapılır. Yanıcı gaz ve sıvılar için hesaplamalar yapılırken TS EN 60079-10-1 standardı kullanılır. Yanıcı tozlar için hesaplama yapılırken TS EN 60079-10-2 standardı kullanılır⁸.

3.2. IEC 60079 – 10 Standardı

IEC 60079 – 10 Standart hesaplamalarında, belirli bir sıcaklıktaki yanıcı sıvı buharı, gaz veya toz kaçağında, belirli havalandırma ortamında, oluşabilecek teorik hacmi belirleyecek, bölge hesaplaması ve tayini yapmak için kullanılır.

IEC 60079 – 10 Standardının Amacı

Yanıcı gaz, buhar veya tozun tehlikeli miktarda bulunabileceği alanlarda patlama riskini azaltmak için koruyucu tedbirler alınmasını sağlamak, tutuşma riskinin değerlendirilmesinde kullanılabilecek kriterleri değerlendirmek, bu risklerin azaltılması için kontrol parametreleri hakkında yol göstermektir.

3.2.1. Tehlikeli Bölge Hesaplamasındaki Kriterler

IEC 60079-10-1 Hesaplama Unsurları

a) Boşalma Kaynakları

Patlayıcı gaz ortamı oluşabilecek şekilde atmosfere yanıcı gaz, buhar, sıvı veya tozun boşalmaya başladığı nokta veya yer olarak tanımlanmaktadır. Proses ve teçhizatın her bir elemanı yanıcı maddelerin potansiyel bir boşalma kaynağı olarak düşünülür. Boşalma kaynakları 3 şekilde sınıflandırılır;

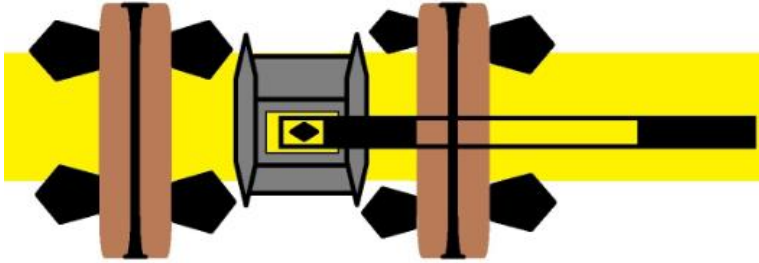
- ▶ Sürekli boşalma kaynağı
- ▶ Ana boşalma kaynağı
- ▶ Tali boşalma kaynağı

Sürekli Boşalma Kaynağı: Sürekli olarak dışarıya, genellikle gaz çıkışı olan kaynaklardır. Sürekli bir buharlaşma söz konusu olduğundan tamamen kapalı kaplar bu gruba girmemektedir. Sabit çatılı ve havalandırmalı tanklarda bulunan sıvının yüzeyi, açık variller, boya tabancası veya dispenserler sürekli boşalma kaynağı grubuna girmektedir.

Ana Boşalma Kaynağı: Kimyasal maddelerin ana geçiş kaynaklarıdır. Çalışma şartlarında yanıcı madde yayması beklenir. Ana boşalma kaynağına örnek olarak; yanıcı madde yayması beklenen pompa, kompresör ve vana keçeleri. Kaplarda bulunan ve normal çalışmada su tahliye edilirken atmosfere yanıcı madde yayması mümkün olan su tahliye noktaları, açık numune alma noktaları, açık tahliye vanaları, açık havalandırma vanaları, ıslak contalar, emniyet valfleri ve diğer açıklıklar.

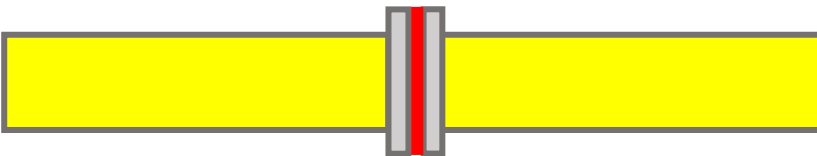
Tali Boşalma Kaynağı: Çalışma şartlarında yanıcı madde çıkışı beklenmeyen donanım, kaynak ve yüzeylerdir. Tali boşalma kaynağına örnek olarak; flanşlar, bağlantılar ve boru bağlantıları, kapalı numune alma noktaları, kapalı tahliye vanaları ve kapalı havalandırma vanaları verilebilir⁹.

Yukarıda belirtilen boşalma kaynaklarının ortak noktası yanıcı madde içermeleridir. Yanıcı madde içermeyen donanım, kaynak ve yüzeyler tehlikeli bölge oluşturmamaktadır. Yanıcı madde içeren fakat atmosfere yayılımını sağlayamayan noktalar da tehlikeli bölge oluşturmamaktadır. Örnek olarak iki boru birleşiminde yapılan kaynak tehlikeli bölge olarak gösterilmez ve hesaplama yapılmaz. Hesaplama yapılacak flanş ve vana Şekil 3'te gösterilmiştir:

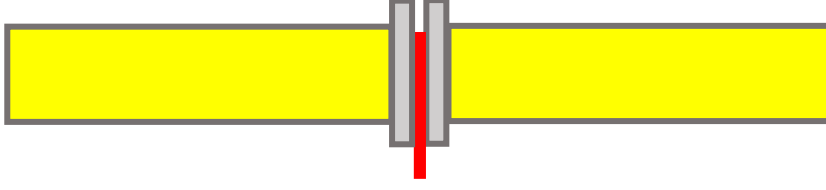


Şekil 4 : Flanş ve vana görünümü

Boşalma kaynaklarında, flanş veya vanaların kaçak ihtimaline karşı sızıntının kesit alanı hesaplanır. Normal flanş ve conta görünümü ;



Şekil 5 : Normal flanş ve conta görünümü



Şekil 6 : Contası yerinden kaymış flanş görünümü

Flanşlarda bulunan contalar gereğinden az sıkıldığı takdirde kayma gibi problemler yaşatabilmektedir. Flanşta bulunan contanın kayması sonucu sızıntı meydana gelecektir. Vidaların herhangi biri birinden fazla sıkılması halinde yine conta deformasyona uğrayacaktır. Bütün vidaların eşit bir şekilde sıkılması ve contanın büzülmemesi gerekmektedir. Flanşlardaki contalar; sıcaklık direncine, basma ve çekme gerilmelerine, basınca dayanıklılığına ve malzeme özellikleri gibi durumlara bakılarak tercih edilmelidir.

b) Boşalma dereceleri

- Sürekli boşalma derecesi: Uzun sürelerle devam etmesi beklenen, devamlı veya sık sık meydana gelen boşalma türüdür.
- Ana boşalma derecesi: Periyodik olarak veya ara sıra meydana gelme ihtimali olan boşalma türüdür.
- Tali boşalma derecesi: Meydana gelme ihtimali bulunmayan, meydana gelse bile seyrek olarak veya kısa sürelerle oluşan yayılma türüdür.

c) Alt ve üst patlama limitleri

Gaz veya sıvı buharlarının havayla yaptığı en az ve en fazla oransal karışımın yanması ve patlaması özelliğine Alt ve Üst Patlama (Yana bilirlilik) Limitleri denir. 2009 yılında UEL ve LEL olan üst ve alt patlama limitleri, 2015 yılında UFL ve LFL olarak değiştirilmiştir^{10,11}.

3.2.2. Tehlikeli Bölge Hesaplamaları

Tehlikeli bölge hesaplamalarında, hesaplama yapılacak olan sıvı veya gazların ayrıntılı Malzeme Güvenlik Bilgi Formu (MSDS)'na ihtiyaç duyulmaktadır. Kimyasal maddenin hangi boşalma kaynağı ile ortaya çıkacağı ve ne kadar mesafeye yayılacağı bilgisinin sağlıklı hesaplanması için gözlem ve araştırmanın en detaylı şekilde yapılması gerekmektedir. Bu hesaplama yapılırken alınması gereken değer ve formüller aşağıda belirtilmiştir¹².

a) Politropik İndeks:

Politropik indeks, γ simgesi ile ifade edilir. Politropik indeks değeri, ($1 < \gamma \leq 1,8$) arasındadır. Politropik indeks değeri Malzeme Güvenlik Bilgi Formunda yer almaktadır. Malzeme Güvenlik Bilgi Formunda yer almayan politropik indeks hesabı aşağıda gösterilmiştir:

İdeal gaz denkleminde adyabatik genişleme için politropik indeks (γ) hesaplaması;

$$\gamma = \frac{M \times C_p}{M \times C_p - R}$$

b) Kabin İç Basıncı:

Kabin iç basıncı P harfi ile gösterilmektedir. İç basınç pascal cinsinden yazılarak hesaplama yapılmalıdır. Bazı istisnai durumlarda iç basınç bar cinsinden verilmektedir, bu gibi durumlarda bar değerinin pascal değerine dönüştürülerek hesaplama yapılması gerekmektedir.

c) Boşalma Faktörü (Deşarj Katsayısı):

Boşalma faktörü Cd harfleri ile gösterilir. Deşarj katsayısı anlamına da gelen Cd 0,50-0,99 arasında seçilmelidir. Keskin ağızlar için "0,50 – 0,75" değerleri, yuvarlatılmış ağızlar için ise "0,95 - 0,99" arasında değerler alınmalıdır. Deşarj katsayısı ampirik bir değerdir. Her bir yayılım için farklı bir değer alabilir. ($Cd \leq 1$). Düzgün şekilli delikler için 0,99'dan daha az olamaz. Düzgün olmayan şekilli delikler için 0,75'dir. (Eğer değerlendirme yapmak için yeterli bilgi yoksa güvenlik bir yaklaşım için 0,75 alınır.)

d) Kesit Alanı:

TS EN 60079-10-1:2015 standardında tanımlanan kesit alanlarına göre hesaplama yapılmaktadır. Kesit alanı; flanş, vana veya pompa ve kompresörlerde değişiklik göstermektedir. Kesit alanı 'S' harfi ile gösterilmektedir. Kesit alanı belirlerken ekipmanın cinsi, patlama sonucunda ortaya çıkabilecek etki ve kullanıldığı bölüm seçilmelidir. Kesit alanları ile ilgili ayrıntılı tablo aşağıda gösterilmiştir. Kullanılan bölüm ve ekipman cinsi belirlenerek, patlama sonucu oluşacak etki ile karşılaştırılmalıdır. Kesit alanı mm^2 cinsinden hesaplanmaktadır. Üretici bilgisinde m^2 olarak belirlenmekte olan kesit alanı değeri, hesaplama yapılırken mutlaka mm^2 cinsinden alınmalıdır.

Tablo 1 : Kesit alanları değerleri

BÖLÜM	AYRINTI	Salım (kaçak, sızma) kaynağı hakkında düşünceler ve ihtimaller		
		Açıklık sabit kalır, genişlemez S(mm ²)	Açıklık aşınabilir, genişleyebilir S(mm ²)	Açıklık patlayarak veya yarılarak tehlikeli olabilir S(mm ²)
Sabit parçalardaki conta elemanları	Sıkıştırılmış lift, fiber veya benzeri contalı flanşlar	$0,025 \leq S \leq 0,25$	$0,25 \leq S \leq 2,5$	$S \geq 1$
	Spiral sarımlı veya benzeri contalı flanşlar (Ortasında metal yüzük bulunan conta)	$S = 0,025$	$S = 0,25$	$S \geq 0,5$
	Halka (ring, yüzük) şeklindeki birleşme bağlantıları (Yüzük tipi metalle birleştirilmiş)	$S = 0,1$	$S = 0,25$	$S = 0,5$
	50 mm'ye kadar küçük deliklerin bağlantıları (*)	$0,025 \leq S \leq 0,1$	$0,1 \leq S \leq 0,25$	$S = 1$
Yavaş hareketli parçalar üzerindeki contalama elemanları	Vana sistem paketleri (subap kolu)	$S = 0,25$	$S = 2,5$	$S \geq 2,5$ (****)
	Basınç tahliye vanaları (**)	$S = 0,1$		
Yüksek devirli parçalar üzerindeki contalama elemanları	Pompa ve kompresörler (***)		$1 \leq S \leq 5$	$S \geq 5$ (***** ve *****)

* Delik kesit alanları, halka(dairesel) bağlantı, dişli(vida) bağlantı, sıkıştırılmış bağlantı(yani sıkıştırılmalı metalik geçmeli bağlantı) ve hızlı geçmeli küçük delikli bağlantılar için tavsiye edilir.

** Bu madde valfin tamamen açık olduğunu göstermez fakat valfin bileşenlerinden kaynaklanan arıza nedeniyle çeşitli sızıntıları gösterir. Spesifik uygulamalarda, delik kesit alanını önerilenden daha büyük alma ihtiyacı olabilir.

*** Pistonlu kompresörler, kompresör gövdesi ve silindirler kaçak kaynağı olarak kabul edilmezler. Fakat piston kolu paketi ve proses sistemi içerisindeki diğer boru bağlantıları kaçak veya sızdırma kaynağı olarak dikkate alınmalıdır.

**** İmalatçı ile irtibata geçilerek "beklenen bir arıza durumunda" sızma (kaçak) miktarları müştereken tespit edilmelidir. (Yani contalamaları gösteren detaylı bir teknik resim temin edilmelidir.) Ayrıca imalatçı aletin kategori belirlemesi dolayısı ile muhtemel arıza ve kaçakları belirlemek zorundadır.

***** Proses ünitesinin konumuna göre belirlenmeli. (İmalatçı verilerinde, proses dolayısı ile bilinen veya beklenen bazı durumlarda yaşanabilecek maksimum parlayıcı madde kaçakları tanımlamış ve bir ön inceleme yapılmış olabilir ve olmalıdır.

e) Sıkışma Faktörü:

Sıkışma faktörü formül kullanımlarında "Z" harfi ile gösterilmektedir. Sıkışma faktörünün değeri genellikle standart "1" olarak alınmaktadır^{13,14}.

3.2.2.1. Sıvıların Boşalma Oranı Hesaplanması

$W = C_d S \sqrt{2\rho \Delta p} \left(\frac{kg}{s} \right)$ Formülüyle hesaplanmaktadır. Formülde

kullanılan ibarelerin açıklamaları:

W : Sıvıların boşalma oranı

C_d : Deşarj katsayısı (0,75 – 0,99)

Δp : (Pa) Açıklıktaki sızıntının basınç farkı

S : (m²) Sıvının boşaldığı aralığın / deliğin kesit alanı

P: (kg/m³) Sıvının yoğunluğu

Δp değeri ise aşağıdaki formülden bulunabilmektedir :

$\Delta p : \rho g \Delta h$

ρ : Sıvının yoğunluğu (kg/m³)

g : Yer çekimi ivmesi (9,18 m/s²)

Δh : Sıvının yüksekliği (m)

Sıvılar farklı şekillerde boşalmaktadır. Boşalmanın doğası gereği buhar veya gaz gibi değişkenler üretebilmektedir.

- İki fazlı boşalma (LPG gibi birleşik sıvı ve gaz boşalması)
- Parlamayan sıvının tek fazlı boşalması

Boşalma oranı; parametreleri aşağıda belirtilen maddelere bağlıdır.

a) Boşalmanın tipi ve doğası:

Bu boşalma kaynağının fiziksel karakteriyle ilgilidir. Örnek olarak, açık yüzey, flanş kaçağı verilebilir.

b) Boşalma sürati:

Bir boşalma kaynağı için boşalma sürati, boşalma basıncıyla birlikte artar. Boşalma sürati proses basıncıyla ilgilidir. Yanıcı gaz veya buhar bulutunun büyüklüğüne, seyrelme derecesi ile karar verilir. Yüksek süratle sızan gaz veya buhar, hava ile sürüklenerek kendi kendine seyrelebilir. Eğer madde düşük süratle boşalıyorsa veya sürati bir engele çarparak yavaşlıyorsa, hava akımı ile taşınacak, seyrelmesi ve genişlemesi hava akışına bağlı olacaktır.

c) Konsantrasyon:

Boşalan yanıcı maddenin kütlesi, boşalan karışımdaki yanıcı buhar veya gaz konsantrasyonu ile çoğalır.

d) Yanıcı sıvının uçuculuğu / Buharlaşması

Yanıcı sıvının uçuculuğu, buhar basıncı ve buharlaşma entalpisiyle ilgilidir. Eğer buhar basıncı bilinmiyorsa, rehber olarak kaynama noktası veya parlama noktası kullanılabilir.

e) Sıvının sıcaklığı:

Sıvı sıcaklığı arttıkça buhar basıncı da artar. Böylece buharlaşma nedeni ile boşalma oranı da artar.

3.2.2.2. Kritik basıncın hesaplanması

Basınç altında gazların bulunduğu kaplardaki Kritik Basınç (P_c) aşağıdaki formül ile hesaplanır.

$$P_c = P_a \left(\frac{\gamma+1}{2} \right)^{\gamma/(\gamma-1)}$$

P_c : Kritik basınç

P_a : Kabın dışındaki basınç (Atmosferik Basınç)

γ : Adyabatik genişleme için politropik indeksi (Gama değeri)

Kabın içerisindeki gazın basıncı (P), kritik basınç (P_c) değerinden yüksek ise gazın boşalma hızı 'Sonik' boşalmadır. Kabın içerisindeki gazın basıncı (P), kritik basınç (P_c) değerinden daha düşük ise gazın boşalma hızı 'Subsonik' olarak değerlendirilir. Yani;

$P > P_c = \text{SONİK BOŞALMA}$

$P < P_c = \text{SUBSONİK BOŞALMA}$

P : İşletme basıncı

Sonik boşalmalar ses hızına eşittir.

3.2.2.3. Politropik İndeks Hesaplanması (γ)

İdeal gaz denkleminde adyabatik genişleme için politropik indeks formülü :

$$\gamma = \left(\frac{M C_p}{M C_p - R} \right)$$

M : Gazın molar kütlesi (kg/kmol)

C_p : Sabit basınçtaki özgül ısı (j/kg.k) (Özgül ısı, bir maddenin ısıyı soğurma(yutma) yeteneğidir.

R : Evrensel gaz sabiti (8314 j k/mol⁻¹ K⁻¹)

γ : Adyabatik genleşme için politropik indeksi

Gerçek gazların genişleme ve sıkıştırma işlemlerinde, basınç ve hacim ilişkisi $PV^n = C$ denklemiyle verilir. Burada n ve c sabittir. Bu tür hal değişimleri politropik bir hal değişimi olarak adlandırılır.

(P : Politropik indeks V: Hacim)

3.2.2.4. Subsonik (Bloklanmayan) Gaz Boşalma Hızının Hesaplanması

Kapalı kaplardaki gazların kısıtlanmamış (bloklanmayan) boşalma oranı yani subsonik $P < P_c$ boşalma hızının hesabı aşağıdaki formüle göre yapılır;

$$W_g : C_d S p \sqrt{\frac{M}{Z R T} \frac{2\gamma}{\gamma-1} \left[1 - \left(\frac{P_a}{P} \right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} \right]} \cdot \left(\frac{P_a}{P} \right)^{\frac{1}{\gamma}} \text{ (kg/s)}$$

W_g : Yanıcı maddenin açığa çıkan kütlesi. (Karışımlar için yalnızca toplam yanıcı maddenin kütlesi dikkate alınmalıdır.) (kg/s)

M: Buhar veya gazın molar kütlesi (kg/kmol)

C_d : Deşarj katsayısı (0,50 – 0.75)

S: Gazın boşaldığı aralığın/deliğin kesit alanı (m²)

P: Kabın içindeki basınç (P_a) = işletme basıncı

T: Kabın iç sıcaklığı (K)

R: Evrensel gaz sabiti (8314 j kmol⁻¹ K⁻¹)

γ : Adyabatik genleşme için politropik indeksi

Z: Sıkıştırılabilirlik faktörü (boyutsuz)

Kapalı kaplarda 0,5 bar üstü kaplar, basınçlı kap olarak nitelendirilmektedir.

0.5 bar + 1 bar = 1,5 bar

3.2.2.5. Sonik (Bloklanmış) Gaz Boşalma Hızının Hesaplanması

Kapalı kaplardaki gazların kısıtlanmış (bloklanmış) boşalma oranı yani sonik $P > P_c$ boşalma hızının hesabı aşağıdaki formüle göre yapılır;

$$W_g : C_d S p \sqrt{\gamma \frac{M}{Z R T} \left(\frac{2}{\gamma+1} \right)^{\frac{\gamma+1}{\gamma-1}}} \text{ (kg/s)}$$

W_g : Yanıcı maddenin açığa çıkan kütlesi. (Karışımlar için yalnızca toplam yanıcı maddenin kütlesi dikkate alınmalıdır.) (kg/s)

M: Buhar veya gazın molar kütlesi (kg/kmol)

C_d : Deşarj katsayısı (0,50 – 0.75)

S: Gazın boşaldığı aralığın/deliğin kesit alanı (m²)

P: Kabın içindeki basınç (P_a) = işletme basıncı

T: Kabın iç sıcaklığı (K)

R: Evrensel gaz sabiti (8314 j kmol⁻¹ K⁻¹)

γ : Adyabatik genleşme için politropik indeksi

Z: Sıkıştırılabilirlik faktörü (boyutsuz)

3.2.2.6. Buharlaşma (Evaporasyon) Boşalma Hızı Hesaplanması

$$W_e = \frac{6,55 \times 10^{-3} \cdot U_w^{0,78} \cdot A_p \cdot P_v \cdot M^{0,667}}{R \cdot T} \text{ (kg/s)}$$

W_e : Sıvının buharlaşma hızı (evaporasyon) (kg/s)

U_w : Birikmiş sıvı yüzeyi üzerindeki rüzgar hızı

A_p : Havuz- Birikmiş sıvı yüzey alanı (m²)

P_v : T sıcaklığında sıvının buhar basıncı (kPa)

M : Buhar veya gazın molar kütlesi (kg/kmol)

T : Sıvının mutlak sıcaklığı (T)

R : Gaz sabiti (8314 j kmol⁻¹ K⁻¹)

3.2.2.7. Boşalma Karakteristiği (R_c) Hesaplanması

$$R_c = \frac{W_g}{p_g k LFL}$$

W_g : Yanıcı maddenin açığa çıkan kütlesi (kg/s)

P_g : Gaz veya buharın yoğunluğu (kg/m³)

k : Güvenlik faktörü (0,5-1 arasında)

LFL : Alt yana bilirlık limiti (vol/vol)

3.2.2.8. Havalandırma Hızları Tablosu IEC 60079 (2015 Standardı)

Havalandırma hızı değeri bulunurken, açığa çıkan gazın zeminden yüksekliği, havadan ağır veya hafif bilgilerinin bilinmesi gerekmektedir. Havalandırma hızı tablosu IEC 60079:2015 standardında belirtildiği üzere aşağıda detaylı olarak yer almaktadır¹⁵;

Tablo 2 : Havalandırma hızları değerleri

Açık Mekanın Tipi	Engelsiz Alanlar			Engellenmiş Alanlar		
	≤ 2 m	>2m – 5m	>5 m	≤ 2 m	>2 m – 5 m	>5 m
Zemin seviyesinden yüksekte						
Tahmini olarak havadan daha hafif olan seyreden gaz/buharların havalandırma hızları	0,5 m/s	1 m/s	2 m/s	0.5 m/s	0.5 m/s	1 m/s
Tahmini olarak havadan daha ağır olan seyreden gaz/buharların havalandırma hızları	0.3 m/s	0.6 m/s	1 m/s	0.15 m/s	0.3 m/s	1 m/s
Herhangi bir yükseklikte bulunan sıvı gölcüğünün buharlaşması halinde havalandırma hızları	> 0.25 m/s			>0.1 m/s		
Kapalı alanlar için değerlendirmelerde; normal olarak minimum hava sürati 0.05 m/sn. alınır.						

Havalandırma kalitesi ile patlama derecesi ters orantılı olduğundan dolayı, havalandırmanın sürekli ve iyi derece de olması istenmektedir. Genel olarak açık alanlarda hesaplama yapılırken, bölgeyi engelleyen yapı, konut veya farklı bir ekipman varlığı kontrol edilmektedir. Bununla birlikte kullanılan kimyasal maddelerin Malzeme Güvenlik Bilgi Formları öncülüğünde açığa çıkan gazın hava ile karşılaştırılması ve sonuca göre havalandırma değerleri verilmesi gerekmektedir.

Açığa çıkan gaz havadan ağır ve kapalı ortamda ise havalandırma üstten yapılarak, çekme işlemi aşağıdan yapılmalıdır. Örnek olarak; boya kabinlerinde, havadan ağır boyaların püskürtülmesi sonucu yerde toplanan partiküllerin filtrelerde toplanması verilebilir. Açığa çıkan gaz havadan hafif ve kapalı ortamda ise havalandırmaların hem alttan hem de üstten çekme işlemi yapması gerekmektedir.

Açığa çıkan gazlar havada askıda kalıyorsa; tek yönde hava akışı sağlanmalıdır. Üstten hava verilmekte ise alttan çekiş olması, alttan hava verilmekte ise üstten çekiş olması gerekmektedir.

Havalandırma; doğal ve cebri olmak üzere 2 alt başlıkta incelenmektedir;

a) Doğal Havalandırma:

Kendiliğinden oluşan, herhangi bir mekanik cihaz kullanılmayan havalandırmalardır. Rüzgar hızının 0,5 m/s olduğu durumlarda havalandırma derecesi iyi olarak kabul edilmektedir. Açık havalarda genellikle patlayıcı ortamın oluşması yeterli olmaktadır¹⁶.

b) Cebri Havalandırma:

Mekanik ekipmanlar ile ortam havasının değiştirilebildiği havalandırmalardır. Doğal havalandırmanın yetersiz olduğu durumlarda cebri havalandırma kullanılabilir.

Doğal havalandırma ve cebri havalandırma tüm alanlarda kullanılabilir. Genellikle kapalı alanlarda cebri havalandırma tercih edilmektedir. Kapalı alanlarda doğal havalandırma kullanılırken, engel teşkil edecek ekipman, makine veya yapı olması durumunda cebri havalandırmaya ihtiyaç duyulabilir. Kapalı alanlarda cebri havalandırma kullanılmasının en büyük yararları; patlayıcı ortamın yayılmasını sınırlandırması, patlayıcı ortamın kalıcılık süresinin azalması ve patlayıcı ortamın tamamen yok edilemeye dahi oluşmasını engellemesidir.

Doğal havalandırma veya cebri havalandırmaya bağlı olarak içerdeki havanın kullanılabilirliği 3 kriterde incelenmektedir;

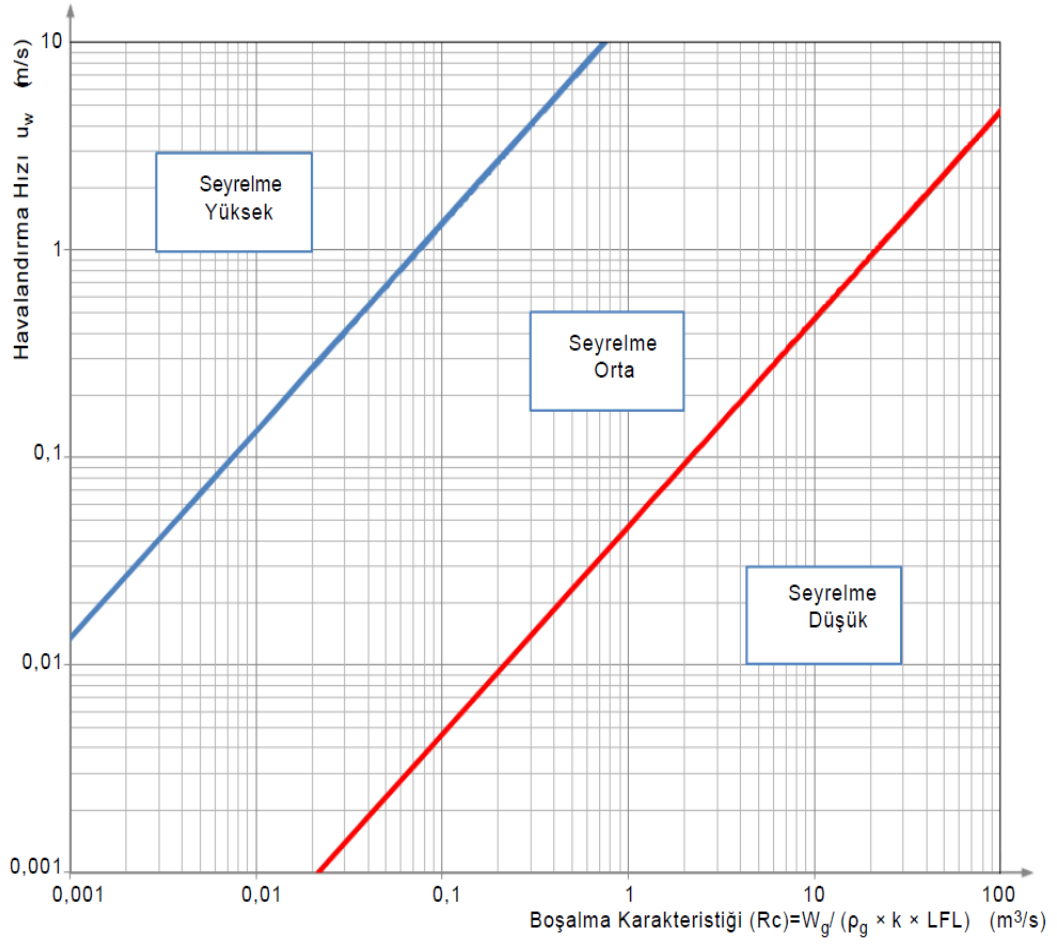
- ▶ İyi: Havalandırmanın sürekli akış gösterdiği durumlardır.
- ▶ Makul / Orta: Havalandırma süreklilik gösterir. Fakat nadiren gerçekleşen ve gerçekleştiğinde kısa süren durumlardır.
- ▶ Kötü: Havalandırma mevcuttur. Havalandırma kesintisi uzun süre olmasa dahi iyi veya makul standartların daha altındadır^{17,18}.

3.2.2.9 Seyrelme Dereceleri

Yanıcı gaz veya buharların hava ile karışımında, yoğunluk seviyesinin havadan az olmasına seyrelme denilmektedir. Seyrelme dereceleri 3 kısımda incelenmektedir.

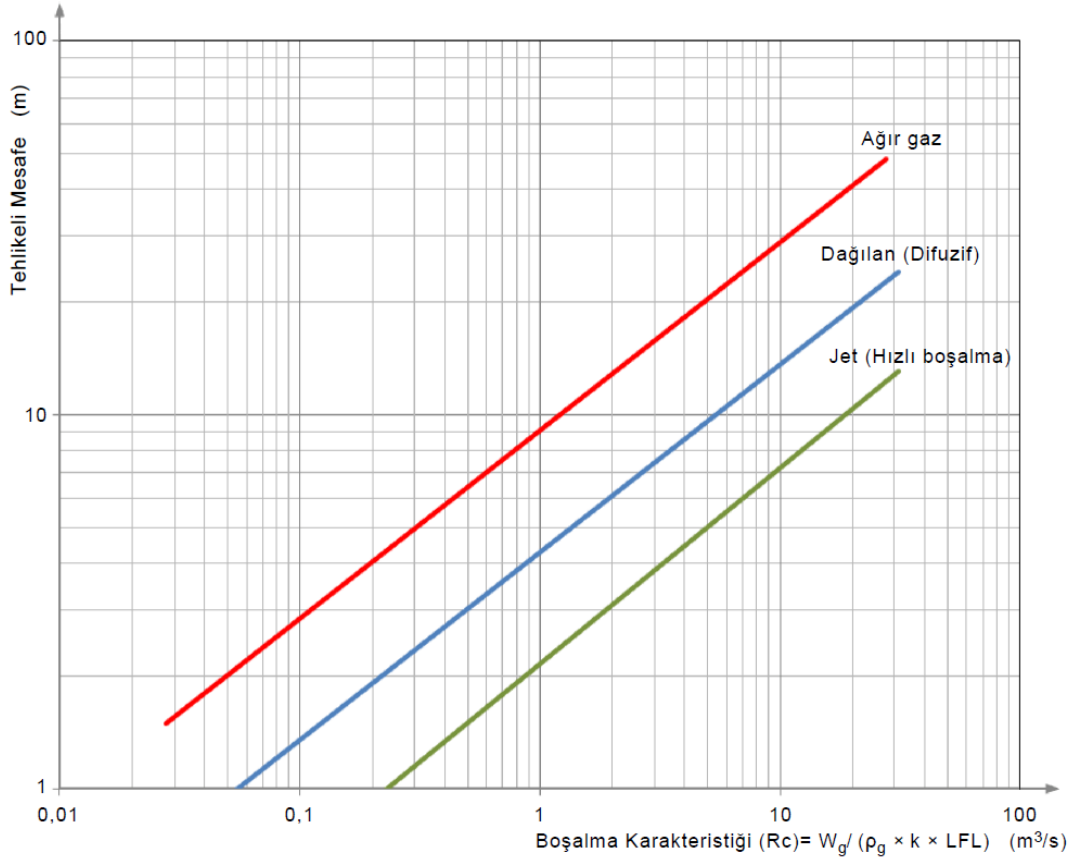
- ▶ Yüksek Seyrelme : Yanıcı gaz veya buharın hava ile buluşmasından hemen sonra yoğunluğu azalan seyrelmelerdir.
- ▶ Orta Seyrelme : Yanıcı gaz veya buharın hava ile karışımından sonra ortamda kısa süreli kalabilen seyrelmelerdir.
- ▶ Düşük Seyrelme : Yanıcı gaz veya buharın yoğunluğu, havadan fazla olan ve ortamda kalıcılık süresi uzun süreli seyrelmelerdir.

Seyrelme derecesi hesaplamalarında, ilk olarak U_w değeri bulunmalıdır. U_w değeri havalandırma hızı tablosundan açık veya kapalı mekan olarak, patlayıcı ortamın havalandırması göz önünde bulundurularak bir değere ulaşılacaktır. U_w değeri bulunduktan sonra aynı metod ile R_c değeri de bulunmalı ve aşağıda belirtilen tabloda karşılaştırılmalıdır. Bu karşılaştırma ile birlikte seyrelme derecesinin hangi alana dahil olduğu açıkça görülecektir¹⁹.



Şekil 7 : Seyreltme derecesinin değerlendirilmesi

Seyreltme derecesinin bulunması yukarıdaki şekil üzerinden yapılmalıdır. Havalandırma hızı ve boşalma karakteristiği karşılaştırılarak iki değer kesiştiği bölge dikkate alınır.



Şekil 8 : Tehlikeli bölge mesafesinin bulunması

Patlayıcı ortam mesafesinin hesaplanması; yukarıdaki şekil üzerinden boşalma karakteristiği bulunduktan sonra gazın boşalma şekline göre kesişme bölgesi tespit edilebilmektedir. Genellikle ağır ve dağılan gazlar tercih edilmelidir. Yoruma dayalı bölümlerde jet boşalma tehlike mesafesini daha kısa çıkaracağından önlemlerin yetersiz olması kaçınılmaz olabilmektedir. 1m'den daha az çıkan patlayıcı ortamlar en az 1 m olarak belirlenmelidir^{20,21}.

Tehlikeli bölgenin belirlenmesi; ortaya çıkacak olan gazın hangi derecede açığa çıktığına göre göz önünde bulundurulmalıdır. Bölge seçimleri yapılırken, TS EN 60079-10-1 standardına göre aşağıdaki tabloda gerekli seçimleri yaparak tehlikeli bölgenin hangi sınıfa girdiğine açıkça ulaşılabilir:

Tablo 3 : Tehlikeli bölge belirlenmesi

HAVALANDIRMA ETKİSİ							
Boşalma Derecesi	Yüksek Seyrelme			Orta Seyrelme			Düşük Seyrelme
	Havalandırmanın Kullanılabilirlik Derecesi						
	İyi	Makul	Kötü	İyi	Makul	Kötü	İyi, Makul ve Kötü
Sürekli	(Bölge 0 NE) ^a Tehlikesiz	(Bölge 0 NE) ^a Bölge 2	(Bölge 0 NE) ^a Bölge 1	Bölge 0	Bölge 0 + Bölge 2	Bölge 0 + Bölge 1	Bölge 0
Ana	(Bölge 1 NE) ^a Tehlikesiz	(Bölge 1 NE) ^a Bölge 2	(Bölge 1 NE) ^a Bölge 2	Bölge 1	Bölge 1 + Bölge 2	Bölge 1 + Bölge 2	Bölge 1 veya Bölge 0 ^b
Tali	(Bölge 2 NE) ^a Tehlikesiz	(Bölge 2 NE) ^a Tehlikesiz	Bölge 2	Bölge 2	Bölge 2	Bölge 2	Bölge 1 veya Bölge 0 ^b

a : Bölge 0 NE, Bölge 1 NE, ve Bölge 2 NE normal şartlarda ihmal edilebilir yayılma sınırına sahip teorik bilgiler göstermektedir. Bu durumda tabloda altta yazan bölge kullanılmalıdır.

b : Eğer pratikte havalandırma çok zayıf ve yayılma sürekli gaz ortamı oluşacak şekilde ise (havalandırma yok durumuna yaklaşık ise) Bölge 0 kullanılabilir.

Bölge 0 + Bölge 2, Bölge 1 + Bölge 2 veya Bölge 0 + Bölge 1 ifadelerinde, belirtilen ilk bölge tehlikeli alanın bulunduğu kısmı ifade etmektedir. Belirtilen ikinci bölge ise hesaplanan mesafenin aynısının ilk bölgeden sonraki kısmını belirtmektedir. Örneğin; Bölge 0 + Bölge 1 hesaplamalarında 3 m olarak bulunsun. Tehlike kaynağının ilk 3 m'lik kısmı Bölge 0, 3 m den sonraki 3 m'lik alan ise Bölge 1 olarak değerlendirilmektedir²².

3.2.2.10 Arka Plan Gaz Konsantrasyonu Hesaplanması

Gazın hava ile karıştığı yoğunluğu ifade etmektedir. Gazın boşalma anından itibaren ortam hacminin genişliği dikkate alınarak, gazın konsantrasyonunun düştüğü ve hava ile ne kadar karıştığı göz önünde bulundurulur. Konsantrasyon değeri, kaçakta gazın boşalma anından itibaren hava ile en kısa sürede en fazla karıştığı durumlarda '1' alınır. Ortamda bulunan engeller nedeniyle gazın hava ile karışımı zor bir süreçte devam ediyorsa konsantrasyon değeri '5' alınır.

$$X_b = \frac{f+Q_g}{Q_g+Q_1} = \frac{f \times Q_g}{Q_2} \left(\frac{vol}{vol} \right)$$

X_b: Arka plan gaz konsantrasyonu (vol/vol)

Q₁: Ortama giren havanın hacimsel akış oranı (m³/s)

Q_g: Kaçak bölgesinden çıkan yanıcı gazın hacimsel akış oranı (m³/s)

Q₂ = Q₁ + Q_g: Ortamdaki toplam hava ve gaz karışımının hacimsel akış oranı

F : Havalandırma çıkış konsantrasyonu ile ortamdaki arka plan konsantrasyonunun birbirine bölümüdür.

Arka plan konsantrasyon değeri bulunduktan sonra yanıcı maddenin hava ile seyrelme derecesi hesaplanır. Bu değere kritik konsantrasyon da denilir.

$$Q_{a \min} = \frac{W_g}{k LFL} \times \frac{T_a}{293}$$

Q_a: Yanıcı maddenin hava ile seyrelmesi için gereken minimum hava miktarı (m³/s)

W_g: Yanıcı maddenin ortama boşalma miktarı (kg/s)

k: Güvenlik faktörü (Genellikle 0,5 alınır)

LFL: Yanıcı maddenin alt patlama limiti (kg/m³)

T_a: Sıcaklık (K)

Kritik konsantrasyon hesaplanırken, alt patlama limit değerinin ¼ ü alınır.

3.4. Tehlikeli Bölge Kategorileri ve Ekipman Sınıfları

Patlayıcı gaz veya toz ortamlarında gerekli hesaplamalar yapıldıktan sonra bölge belirlenmektedir. Bölge belirlemeleri ile birlikte doğru ekipman seçimi son derece önemlidir. Ekipmanın bulunan bölgeye ve kategoriye uygun olması hazırlanan dokümanın sağlıklı bir şekilde faaliyete geçmesi anlamına gelmektedir. Doküman hazırlanmasında prosedür, hesaplamalar ve bölgelerin belirlenmesi ne derece de önemli ise yorum yapma, önlem alma ve ekipman kullanma da o kadar önemlidir. Dokümanda özel bir madde, izlenmesi gereken farklı bir metot veya işyerine özel bir koşul yoksa bütün ekipmanlar ‘Muhtemel Patlayıcı Ortamda Kullanılan Teçhizat ve Koruyucu Sistemlerle İlgili Yönetmelik (94/9/AT)’ esas alınır. Bu yönetmelik gereği belirli kategorilerde tercih edilmesi gereken ekipman sınıfları aşağıda belirtilmiştir;

✓ Donanım Grubu I : Maden Ocakları için kullanılacak ekipman sınıflarını belirler. Kendi arasında 2 kategoriden oluşmaktadır;

Kategori M1 ve Kategori M2

✓ Donanım Grubu II : Sanayii sektöründe kullanılacak ekipman sınıflarını belirler. Kendi arasında 3 kategoriden oluşmaktadır;

- ▶ Bölge 0 ve Bölge 20 için, Kategori 1 ekipmanları,
- ▶ Bölge 1 ve Bölge 21 için, Kategori 1 veya 2 ekipmanları,
- ▶ Bölge 2 ve Bölge 22 için, Kategori 1,2 veya 3 ekipmanları kullanılmalıdır.

Ekipman kategorileri tehlikeli bölgelere göre sınıflandırma yapılırsa;

1G : Bölge 0, Bölge 1 ve Bölge 2 ortamlarının tamamında kullanılabilir.

2G : Bölge 0 ve Bölge 1 ortamlarında kullanılabilir.

3G : Sadece Bölge 2 olarak işaretlenen yerlerde kullanılabilir.



1D : Bölge 20, Bölge 21 ve Bölge 22 ortamlarının tamamında kullanılabilir.


2D : Bölge 20 ve Bölge 21 ortamlarında kullanılabilir.

3D : Sadece Bölge 22 ortamında kullanılabilir^{23,24}.


3.5. Ekipmanların Etiketlendirilmesi

Exproof ekipmanların koruma tipleri buhar ve gazlar için 'G' sembolü, tozlar için ise 'D' sembolü kullanılmaktadır. Bu adlandırmalar 'Gas' ve 'Dust' kelimelerinden gelmektedir.

 1783  II 2GD Ex d IIC T4 Gb

 : Sembolün üzerinde bulunduğu ekipmanın Avrupa Birliği'ne uygunluğuna dair işarettir. CE işareti olmayan ekipmanlar ATEX sertifikası alamamaktadır.

1783: Ekipmanın sertifikalandırıldığı kuruluşu tanımlayan ekipman kimlik numarasıdır. Üretici firma kendi oluşturmuş olduğu bir ürünü sertifikalandırdıktan sonra bu numarayı etikete ekleyebilmektedir. Sertifika numaraları bütün ürünlerde değişiklik göstermektedir.

 : Patlayıcı ortam koruma sembolüdür. Ekipmanın ATEX özellikli olduğunu gösterir

.II: Ekipman grubunu gösteren işarettir. Ekipman maden endüstrisinde kullanılacaksa 'I' işareti, diğer sanayi grubunda kullanılacaksa 'II' olmalıdır.

2: Ekipman Kategorisi (Bölge 0 / Bölge 1 / Bölge 2)

GD: Patlayıcı Atmosfer Ortamı (G:Gaz / D:Toz / GD:Gaz ve Tozlar için)

Ex: Ekipmanın exproof özelliğe olduğunu gösteren işarettir.

d: Ekipmanın koruma tipini gösteren işarettir. Koruma tipleri bölgelerin tehlike sınıflarına göre aşağıdaki şekilde kullanılabilir;

d: Alev sızdırmaz kapatmalarda kullanılır. (Bölge 1 ve Bölge 2 için)

e: Arttırılmış güvenlik anlamına gelir. (Bölge 1 ve Bölge 2 için)

i: Düşük akım/voltaj ile kendinden güvenli (gazlar için), ia (Bölge 0, Bölge 1 ve Bölge 2 için), ib (Bölge 1 ve Bölge 2 için), ic (Bölge 2 için) kullanılır.

iD: Düşük akım/voltaj ile kendinden güvenli (tozlar için), iaD (Bölge 20, Bölge 21 ve Bölge 22), ibD (Bölge 21 ve Bölge 22 için), icD (Bölge 22 için) kullanılır.

p: Pozitif basınçlandırılmış cihaz (gaz), Bölge 1 ve Bölge 2 için kullanılır.

pD: Pozitif basınçlandırılmış cihaz (toz), Bölge 21 ve Bölge 22 için kullanılır.

m: Enkapsüle (gazlar için), Bölge 0, Bölge 1 ve Bölge 2 için kullanılır.

mD: Enkapsüle (tozlar için), Bölge 20, Bölge 21 ve Bölge 22 için kullanılır.

o: Yağa daldırma, Bölge 1 ve Bölge 2 için kullanılır.

q: Toz doldurma, Bölge 1 ve Bölge 2 için kullanılır.

n: Kıvılcım çıkartmaz, Bölge 2

t: Toz patlama korumalı, ta (Bölge 20, Bölge 21 ve Bölge 22 için), tb (Bölge 21 ve Bölge 22 için), tc (Bölge 22 için) kullanılır.

IIC: Ekipmanın patlama grubunu tanımlar. Atmosferdeki patlayıcı malzemeye göre belirlenir. Patlama grupları ve açıklamaları aşağıdaki gibidir;

IIA (Gaz) : Metan, etan, propan, amonyak, etanol, siklo-hekzan, n-bütan, petrol, dizel yakıtı, fuel oil, asetaldehit, n-hekzan örnek olarak verilebilir.

IIB (Gaz) : Hava gazı, etil eter, etil glikol, akrilik nitril, etilen, etilen oksit

IIC (Gaz) : Asetilen, hidrojen, karbon disülfid.

IIB gaz grubunda olan ekipmanlar, IIA grubundaki gazlara karşı da koruma sağlamaktadır.

IIC gaz grubunda olan ekipmanlar, IIA ve IIB gaz gruplarına karşı koruma sağlamaktadır.

IIIA toz grubu : Yanıcı fiberler

IIIB toz grubu : iletken olmayan tozlar

IIIC toz grubu : iletken olan tozlar

IIIB toz grubunda bulunan ekipmanlar, IIIA tozlarına karşı da koruma sağlamaktadır.

IIIC toz grubunda bulunan ekipmanlar, IIIA ve IIIB toz gruplarına karşı koruma sağlamaktadır.

T4: Ekipmanın ulaşabileceği en fazla yüzey sıcaklık seviyesini ifade eder.

Tozlar için en fazla yüzey sıcaklık değeri olduğu gibi yazılır. T100°C örnek olarak gösterilebilir. Gazlar için ise;

T1 : < 450 °C

T2 : < 300 °C

T3 : < 200 °C

T4 : < 135 °C

T5 : < 100 °C

T6 : < 85 °C

Gb: Ekipmanın koruma seviyesini gösterir.

Ga : Bölge 0, Bölge 1 ve Bölge 2 ortamlarının tamamında kullanılabilir.

Gb : Bölge 0 ve Bölge 1 ortamlarında kullanılabilir.

Gc : Sadece Bölge 2 ortamlarında kullanılabilir.

Da : Bölge 20, Bölge 21 ve Bölge 22 ortamlarının tamamında kullanılabilir.

Db: Bölge 20 ve Bölge 21 ortamlarında kullanılabilir.

Dc : Sadece Bölge 22 ortamlarında kullanılabilir^{25,26,27}.

4. BULGULAR

4.1. Kimyasal Madde Sınıflandırmaları

Tesis, dışarıdan tedarik ettiği 'maden' olarak belirtilen külçe halindeki alüminyum ham maddelerini eritmek için 'Ergitme Makinalarını' kullanmaktadır. Ergitme makinalarının tamamı doğalgaz ile beslenmektedir. 1 ana ve 2 tali ergitme potası olmak üzere toplam 3 adet doğalgaz beslemesi yapılmaktadır.

Tesiste bulunan jeneratör ve kompresör için mazot kullanılmaktadır. Kimyasal madde deposunda muhafaza edilen bu yakıt, sadece kullanım sırasında işletme içerisinde bulundurulmaktadır.

Tesiste yanıcı kimyasal madde olarak ayrıca; tiner, madeni yağ, yağ sökücü ve boya kullanılmaktadır. Kullanılan diğer kimyasal maddelerin birçoğu yanıcı değildir. Yanıcı olmayan maddelerin herhangi bir parlama veya patlama riski bulunmadığından dolayı hesaplama yapılamamaktadır. Bu duruma istinaden kimyasal maddeler depolanırken depolama talimatlarına uyum sağlanması son derece önemlidir.

Tesiste kullanılan kimyasal maddelerin yanıcılıklarına dair bilgiler aşağıdaki tabloda gösterilmiştir:

Tablo 4 : Tesisteki kimyasal madde listesi

KİMYASAL MADDELER	YANICI	YANICI DEĞİL	AÇIKLAMA
TELAT		X	YAĞ SÖKÜCÜ KARIŞIM
RAS 82		X	KOROZYON ÖNLEYİCİ
FALCON		X	SIVI EL SABUNU
EMBER		X	KOROZYON ÖNLEYİCİ
SEMBOL SELÜLOZİK TİNER	X		TİNER
HAYAT SELÜLOZİK TİNER	X		TİNER
BOYAS YOL ÇİZGİ BOYASI	X		BOYA
AZOT		X	GAZ
ARGON		X	GAZ
OKSİJEN		X	GAZ
PROPAN	X		GAZ
ALÜMİNYUM		X	HAM MADDE
STELLE 220	X		KIZAK YAĞI
ATHERMA M 32	X		HİDROLİK YAĞI
GEYSER ST 68	X		HİDROLİK YAĞI
TEKPURAL A		X	PASTA
TRENNEX ALSI PASTÖS	X		GRİ PASTA
TRENNEX AL	X		SİYAH PASTA
TRENNEX SPEZİALWACHS	X		BAL MUMU
GRANÜLLÜ PISTON YAĞI	X		YAĞ
LADLE COATING RED	X		KEPÇE BOYASI
TRENNEX W 8000/16	X		PASTA
PRIMERA PARLAK BOYA	X		BOYA
POLIROAD	X		BOYA

4.2. Tesis Saha Tespitleri

Patlamadan Korunma Dokümanı Risk Değerlendirmesi hazırlanmadan önce gerekli işletme yetkililer ile iş akışı, kimyasal madde alım ve kullanımı, çalışanların hangi bölümlerde çalıştıkları, işletmede kullanılan ekipmanlar, direkt kimyasal maddelerle temas eden ekipmanlar ile ilgili genel bilgiler alınmıştır. İşletmeye ait vaziyet planı, doğalgaz tesisat projesi, kullanılan kimyasalların tamamının Malzeme Güvenlik Bilgi Formları (MSDS), iş akış şeması gibi gerekli dokümanlar tedarik edilmiştir.

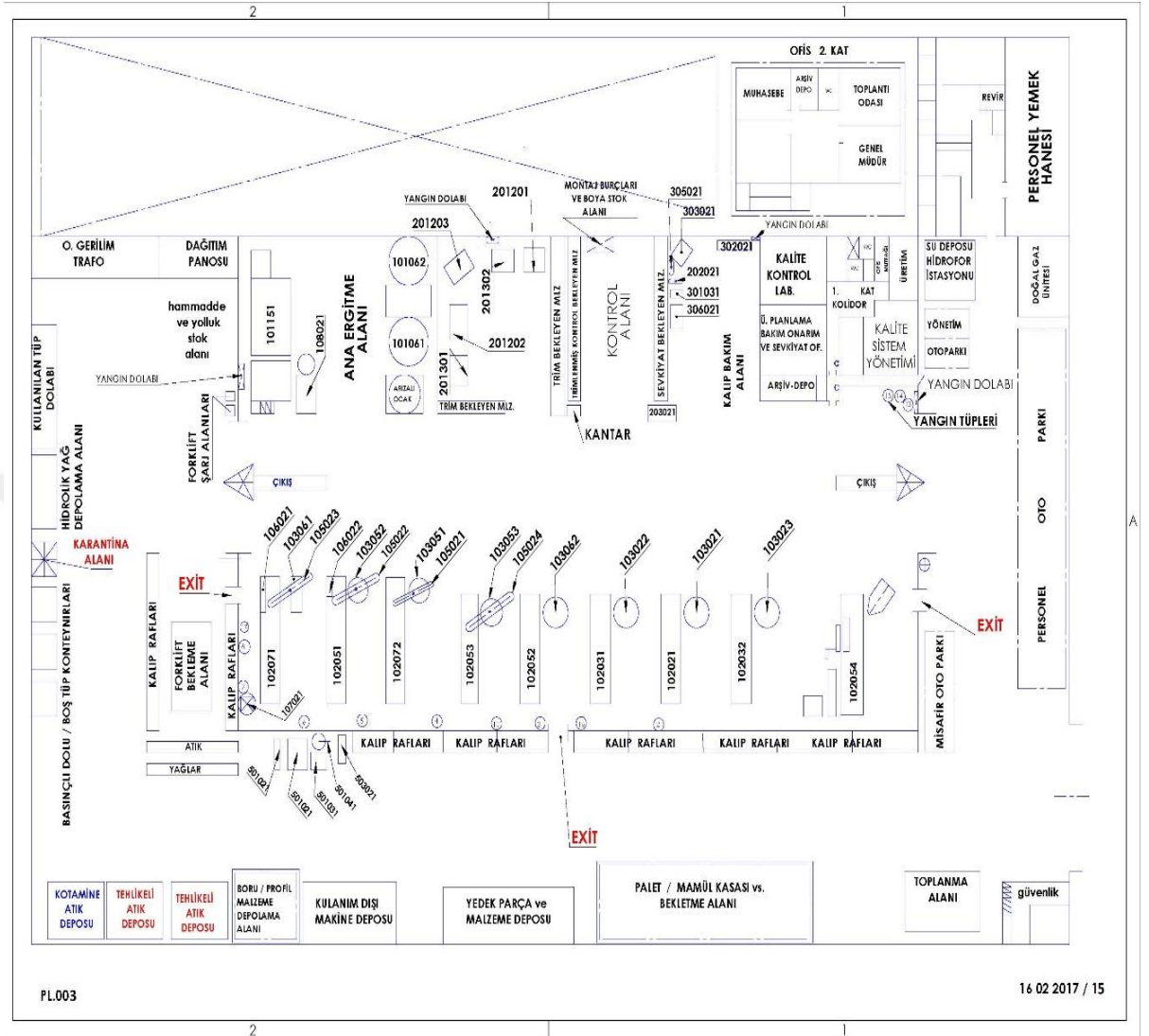
İşletme sahası içerisinde keşif yapılırken; doğalgaz ana dağıtım ünitesi, doğalgaz tesisatı üzerinde bulunan flanş ve vanalar, doğalgaz hattı üzerindeki basınç düşürücüler, kimyasal maddeler, kimyasal maddelerin kullanım alanları, kimyasal maddelerin işletme sahası içerisinde günlük kullanım miktarı, kimyasal madde istifleme alan ve depoları, kimyasal maddenin bulunduğu depolama kabından başka bir taşıma kabına aktarılma metodu, çalışanların kullandıkları kişisel koruyucu donanımlar, elektrik panoları, elektrik tesisatının kimyasal madde kullanım alanlarına mesafeleri, kimyasal madde ile doldurulmuş basınçlı tüpler, basınçlı tüplerin istiflenmesi, kullanılması ve depolanması gözlemlenmiştir.

Tespit edilen gözlemler; doğalgaz ana dağıtım ünitesi kontrol edilmiştir. Çevresinde bütün çalışanların girebileceğini engelleyen demir tel çit bulunmaktadır. Kapı kilidi bulunmakta fakat kilitleme yapılmamaktadır. Doğalgaz ana ünitesi ile demir tellerin arası yaklaşık 130 cm'dir. Flanş ve vanaların mesafesi ise yaklaşık 1 m'dir. Dinlenme aralarında çalışanların demir tellerin hemen ön kısmında sigara içtikleri görülmüştür. Ayrıca demir teller üzerinde herhangi bir ikaz ve uyarı işareti de görülmemiştir. İşletmede bulunan açık ve kapalı alanlarda flanş ve vanalara yakın yaklaşık 1m veya daha az elektrik ekipmanları görülmüştür.

Genel olarak işletme içerisinde kimyasal maddenin her yerde kullanıldığı görülmüştür. Kimyasal maddelerin en başında kullanılmaktadır. Bazı bölgelerdeki ekipman temizliği, bazı durumlarda ise inceltme nedeni ile kullanım sağlanmaktadır. İşletme içerisinde kimyasal madde, günlük kullanımın fazlası ile birlikte bulundurulması gözlemlenmiştir. Kimyasal maddenin depolama kaplarından başka bir kaba aktarılmaları genellikle direkt olarak yapılmaktadır. Aracı bir maşrapa ve benzeri donanım kullanılmamaktadır.

Çalışanların tamamının giysileri aynı olmakla birlikte "ESD" özellikli antistatik kıyafet ve ayakkabı bulunmamaktadır.

Kimyasal madde deposu bulunmamaktadır. Kimyasal maddelerin açık ve kapalı alanlarda gelişigüzel istiflendiği tespit edilmiştir. Bir iş ekipmanının çarpması veya farklı bir nesnenin kimyasal kaplar üzerine düşmesi sonucu sızıntı olabileceği veya devrilme ihtimalinin yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Aşağıda tesise ait yerleşim planı mevcuttur :



Şekil 9 : Tesis üretim yerleşim planı

4.3. Patlayıcı Ortam Bölge Hesaplamaları

Patlayıcı bölge hesaplamaları yapılırken doğalgaz hattı üzerinde bulunan flanş, vana veya diğer ekipmanlar numaralandırma yapıldıktan sonra işleme tabii tutulur. Bu durumla birlikte işletme yetkililerinden tedarik edilecek olan doğalgaz tesis projesi üzerinde de işaretleme yapılmalıdır. Kimyasal

maddeler ise isim olarak veya ticari unvan olarak belirtilmesi doküman üzerindeki ortamların bulunmasını kolaylaştıracaktır²⁸.

Propan gazına ait hesaplama yapılırken ilk olarak, Malzeme Güvenlik Bilgi Formu'nun incelenmesi gerekmektedir. Propan gazına ait hesaplama aşağıda yer almaktadır;

Havalandırma ve Basınç Parametreleri

Havalandırmanın uygulanabilirliği: Orta (İyi, orta ve kötü)

Ortam basıncı: 101325 Pa

Havalandırmanın verimliliği (f): 3 (1-5 arası değer seçilmelidir)

Alan türü: Açık

Hacim (V_0): 3400 m³ (Açık alan)

Ortam özelliği: Geniş (Dar ve geniş özelliklerinden biri tercih edilmelidir)

Hesaplama Parametreleri (Gazlarda Kütleli Salım Miktarı)

Salım Derecesi: Ana boşalma

Madde Türü: Gaz

Molekül Ağırlığı (M): 44,1 Kg/Kmol (MSDS Bilgisi)

Alt Patlama Sınırı (LFL): 0,017 vol/vol (MSDS Bilgisi)

Yer Çekimi İvmesi (g): 9,81 m/sn² (MSDS Bilgisi)

Politropik İndeks (C_p): 1,14 (MSDS bilgisi veya hesaplama yapılabilir)

Kabın İç Basıncı (P): 3601325 Pa (Normal basınç değeri + 101325 Pa)

Salım Faktörü (C_d): 0,95 (Keskin ağızlar için ortalama değer alınır)

Gazın Salındığı Açıklığın Kesiti (S): 0,25 mm²

Sıkışma Faktörü (Z): 1 (Genellikle 1 alınır)

Kabın İçindeki Mutlak Sıcaklık (T): 96,7 (MSDS bilgisi)

Kritik Basınç Hesaplamaları

Atmosferik Basınç (P_a): 101325 Pa

$$P_c = P_a \left(\frac{\gamma + 1}{2} \right)^{\frac{\gamma}{\gamma-1}}$$

$$P_c = 101325 \left(\frac{1.14 + 1}{2} \right)^{\frac{1.14}{0.14}}$$
$$= 175786,094113285 P_a$$

Salım Hızı Hesaplamaları (Subsonik $P < P_c$)

$$W_g = C_d \cdot S \cdot p \sqrt{\frac{M}{Z \cdot R \cdot T} \frac{2\gamma}{\gamma-1} \left[1 - \left(\frac{P_a}{P} \right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} \right] \left(\frac{P_a}{P} \right)^{\frac{1}{\gamma}}} \text{ (kg/s)}$$

W_g

$$= \frac{0,95 \cdot 0,25 \cdot 3601325}{10^6} \sqrt{\frac{44,1}{1.8314 \cdot 96,7} \frac{2\gamma}{\gamma-1} \left[1 - \left(\frac{11325}{3601325} \right)^{\frac{1,14-1}{1,14}} \right] \left(\frac{11325}{3601325} \right)^{\frac{1}{1,14}}}$$

$$= 0,00403276938922735 \text{ kg/sn}$$

Gaz Yoğunluğu Hesaplanması

$$P_g = \frac{P_a \cdot M}{R \cdot T_a} \text{ kg/m}^3$$

$$P_g = \frac{101325 \cdot 44,1}{8314 \cdot 393} \text{ kg/m}^3$$

$$= 1,36757965502867 \text{ kg/m}^3$$

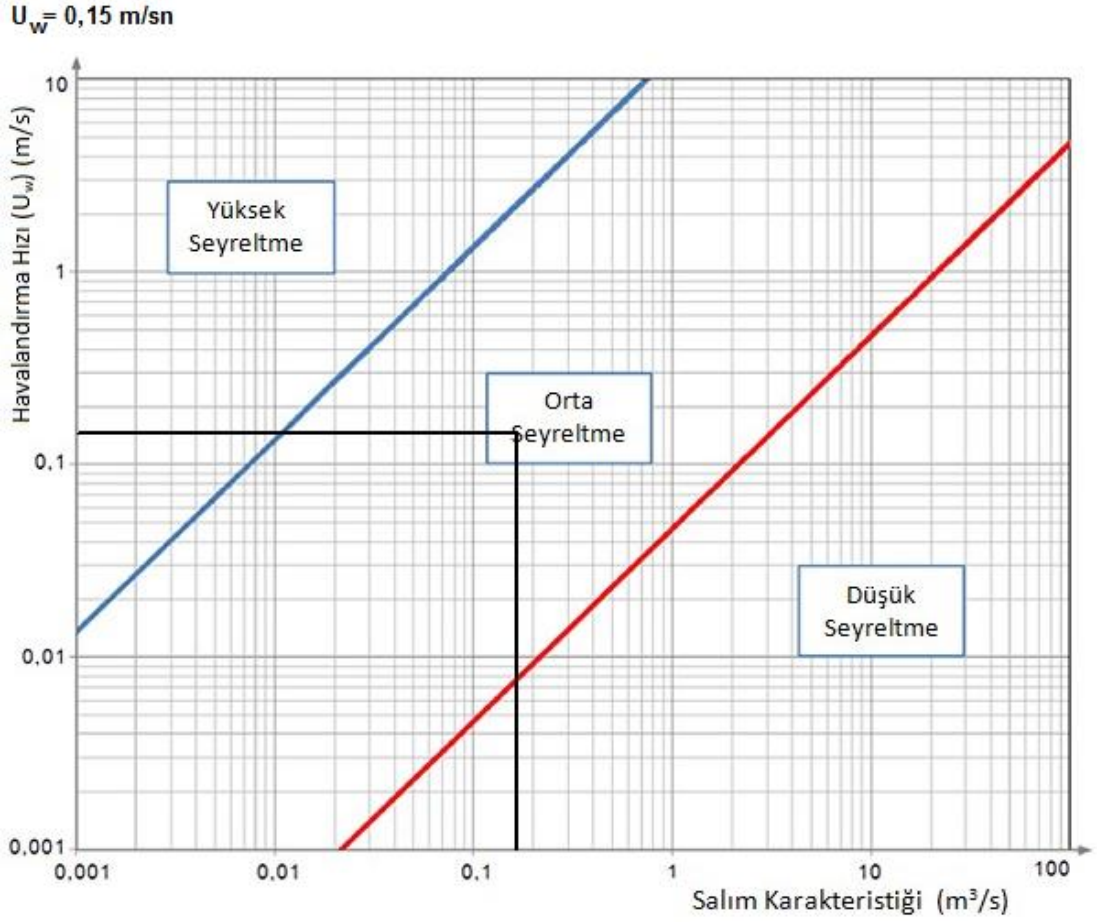
Salım Karakteristiği Hesaplanması

$$\begin{aligned}\text{Salım Karakteristiği} &= \frac{W_g}{P_{g,k.LFL}} \\ &= \frac{0,00403276938922735}{1,36757965502867 \cdot 1 \cdot 0,017} \\ &= 0,173460995786096 \text{ m}^3/\text{s}\end{aligned}$$

Salım derecesi değerlendirmesi

Salım Karakteristiği : 0,173 m³/s
Havalandırma Hızı (U_w) : 0,150 m/s
Seyreltme Derecesi : Orta seyreltme

Salım derecesi değerlendirilmesi; salım karakteristiği ve havalandırma hızının kesişmesiyle oluşan bölgeyi ifade etmektedir. Propan gazına ait açığa çıkan seyreltme derecesi ve kesişen noktaları oluşturan tablo aşağıdaki gibidir;



Şekil 10 : Propan gazı seyreltme derecesinin değerlendirilmesi

Propan gazına ait hesaplamalarda bulunan havalandırma hızı ve salım karakteristiği TS EN 60079:2015 standardında verilen seyreltme derecesi tablosunda kesiştirilir. Birleşen nokta üzerinde oluşan bölgeye göre seyreltme sınıfı belirlenir. Yukarıda seyreltme derecesinin hesaplanmasına ait şekil bulunmaktadır.

Tehlikeli bölge belirleme

Salım derecesi : Ana boşalma

Seyreltme derecesi : Orta seyreltme

Havalandırmanın uygulanabilirliği : Orta

Salım derecesi, seyreltme derecesi ve havalandırmanın uygulanabilirliğinin kesiştiği nokta tehlikeli bölgenin sınıfını vermektedir. TS EN 60079 standardına göre aşağıdaki tabloda kesişen noktalar ve bölgeler görülmektedir;

Tablo 5 : Propan gazı tehlikeli bölge belirlenmesi

BOŞALMA DERECESİ	HAVALANDIRMANIN ETKİSİ						
	YÜKSEK SEYRELTME			ORTA SEYRELTME			DÜŞÜK SEYRELTME
	HAVALANDIRMANIN KULLANILABİLİRLİĞİ						
	İYİ	ORTA	ZAYIF	İYİ	ORTA	ZAYIF	İYİ, ORTA, ZAYIF
SÜREKLİ	(Bölge 0 İE) Tehlikesiz	(Bölge 0 İE) Bölge 2	(Bölge 0 İE) Bölge 1	Bölge 0	Bölge 0 + Bölge 2	Bölge 0 + Bölge 1	Bölge 0
ANA (Birinci Derece)	(Bölge 1 İE) Tehlikesiz	(Bölge 1 İE) Bölge 2	(Bölge 1 İE) Bölge 2	Bölge 1	Bölge 1 + Bölge 2	Bölge 1 + Bölge 2	Bölge 1 veya Bölge 0
TALİ (İkinci Derece)	(Bölge 2 İE) Tehlikesiz	(Bölge 2 İE) Tehlikesiz	Bölge 2	Bölge 2	Bölge 2	Bölge 2	Bölge 1 veya Bölge 0

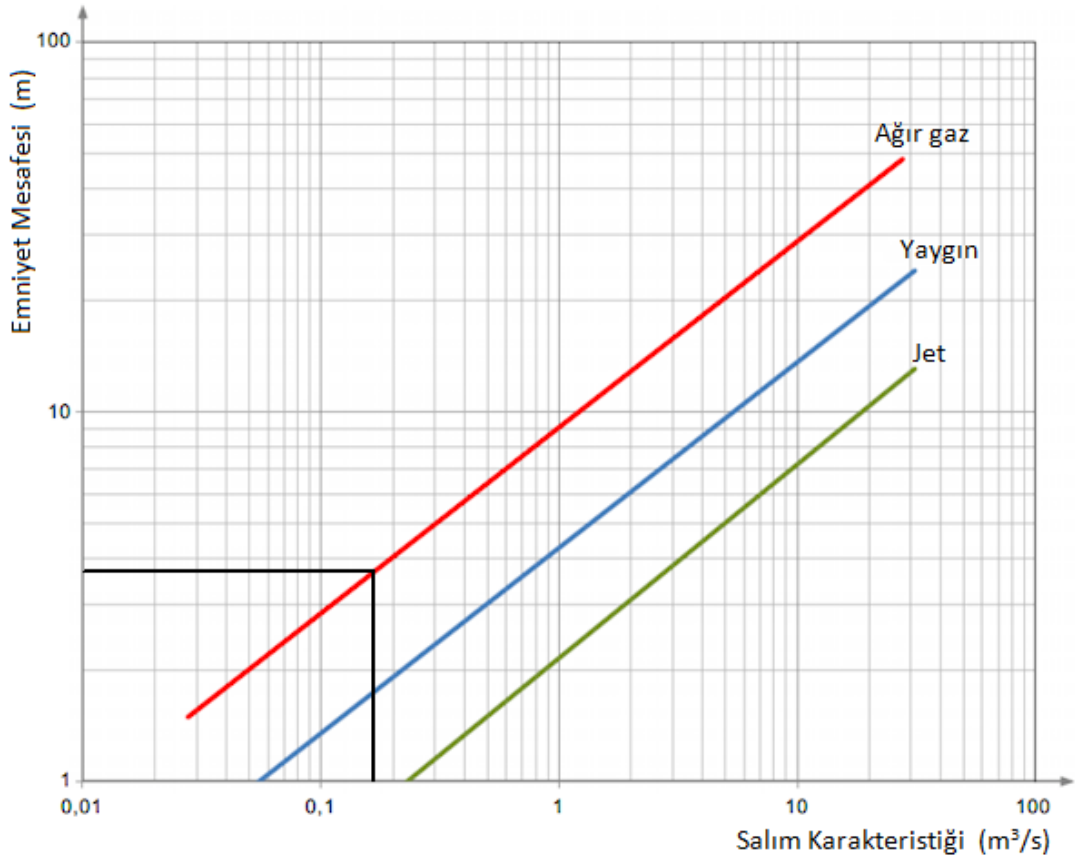
Emniyet mesafesi hesaplanması

Yayınım şekli : Ağır gaz

Salım Karakteristiği : $0,173 \text{ m}^3/\text{s}$

Emniyet mesafesi : $3,72 \text{ m}$

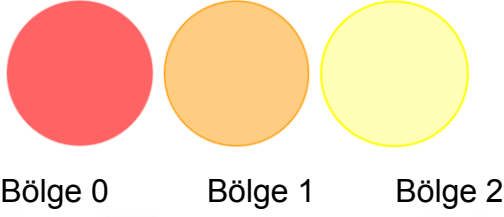
Tehlikeli bölge sınıfı : Bölge 1



Şekil 11 : Propan gazı emniyet mesafesinin hesaplanması

Propan gazına ait bilgiler üzerinde bütün hesaplamalar gerçekleştirildikten sonra, emniyet mesafesinin hesaplanması için gazın özelliği ve salım karakteristiği bilinmelidir. Bu bilgiler eşliğinde yukarıda gösterilen şekil üzerinde kesişen nokta belirlenir ve emniyet mesafesi bulunabilir.

Tehlikeli bölge işaretlemeleri, çizim veya renklendirme yapılabilmektedir. Patlamadan korunma risk değerlendirmesini hazırlayan kişilerce belirlenebilir. Bu belgede renk kodlamaları yapılmış ve aşağıda tehlike bölgelerine göre renkler değerlendirilmiştir;



Şekil 12 : Tehlikeli bölge işaretlemesinde renk kodları



Resim 1 : Propan gazı emniyet mesafesinin temsili görünümü

Doğalgaz hattına ait flanş hesaplaması

Havalandırma ve Basınç Parametreleri

Havalandırmanın Uygulanabilirliği	: Orta
Ortam Basıncı	: 101325 Pa
Havalandırmanın Verimliliği (f)	: 3
Ortam Özelliği	: Sıkışık olmayan geniş yerler
Hacim (V_0)	: 3400 m ³
Hava Akış Hızı tablosundan)	: 0,5 m/sn (Havalandırma hız

Tehlikeli Madde Parametreleri

Molekül ağırlığı (M)	: 16,04 Kg/Kmol
Alt patlama sınırı (LFL)	: 0,044 vol/vol
Yer çekimi ivmesi (g)	: 9,81 m/sn ²

Hesaplama Parametreleri (Gazlarda Kütleli Salım Miktarı)

Politropik İndeks (γ)	: 1,31 C_p
Kabın İç Basıncı (P)	: 153325
Boşalma Faktörü (C_d)	: 0,75 (Deşarj katsayısı olarak da geçmektedir)
Gazın Salındığı Açıklığın Kesit Alanı (S)	: 50 mm ² (5cm iki vida arası = 50mm X 1mm)
Sıkışma Faktörü (Z)	: 1
Salım Derecesi	: Tali boşalma

Kritik Basınç Hesaplanması (P_c) :

Atmosferik basınç (P_a) : 101325 (Pa)

$$P_c = P_a \left(\frac{\gamma + 1}{2} \right)^{\frac{\gamma}{\gamma-1}}$$

$$P_c = 101325 \left(\frac{1,31 + 1}{2} \right)^{\frac{1,31}{0,31}}$$

$$P_c = 186284,176005558 P_a$$

Salım Hızı Hesaplanması (P > P_c)

$$W_g = C_d \cdot S \cdot p \sqrt{\gamma \frac{M}{Z \cdot R \cdot T} \left(\frac{2}{\gamma + 1} \right)^{(\gamma+1)/(\gamma-1)}} \quad (kg/sn)$$

$$W_g = \frac{0,75 \cdot 50 \cdot 153325}{10^6} \sqrt{1,31 \frac{16,04}{1.8314 \cdot 313} \left(\frac{2}{1,31 + 1} \right)^{(1,31+1)/(1,31-1)}}$$
$$= 0,009243192857602 \text{ kg/sn}$$

Gaz Yoğunluğu Hesaplanması

$$P_g = \frac{P_a \cdot M}{R \cdot T_a} \text{ kg/m}^3$$

$$P_g = \frac{101325 \cdot 16,04}{8314 \cdot 313}$$

$$= 0,624549145711341 \text{ kg/m}^3$$

Salım Karakteristiği Hesaplanması

$$\text{Salım Karakteristiği} = \frac{W_g}{P_g \cdot k \cdot LFL}$$

$$= \frac{0,009243192857602}{0,624549145711341 \cdot 1 \cdot 0,044}$$

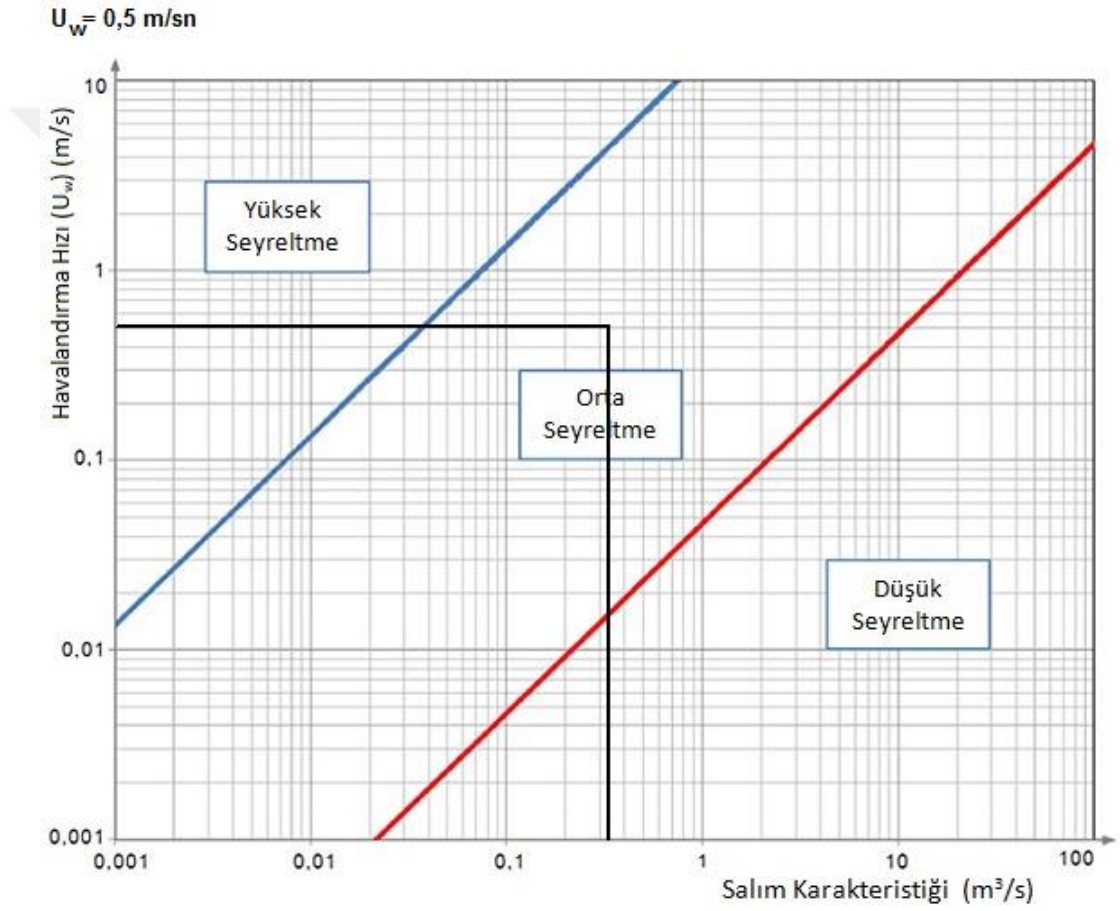
$$= 0,336358741962947 \text{ m}^3/sn$$

Salım derecesi değerlendirmesi

Salım Karakteristiği : 0,336 m³/s

Havalandırma Hızı (U_w) : 0,500 m/s

Seyreltme Derecesi : Orta Seyreltme



Şekil 13 : Doğalgaz seyreltme derecesinin değerlendirilmesi

Tehlikeli Bölge sınıfı belirleme grafiği

Salım Derecesi : Tali Boşalma

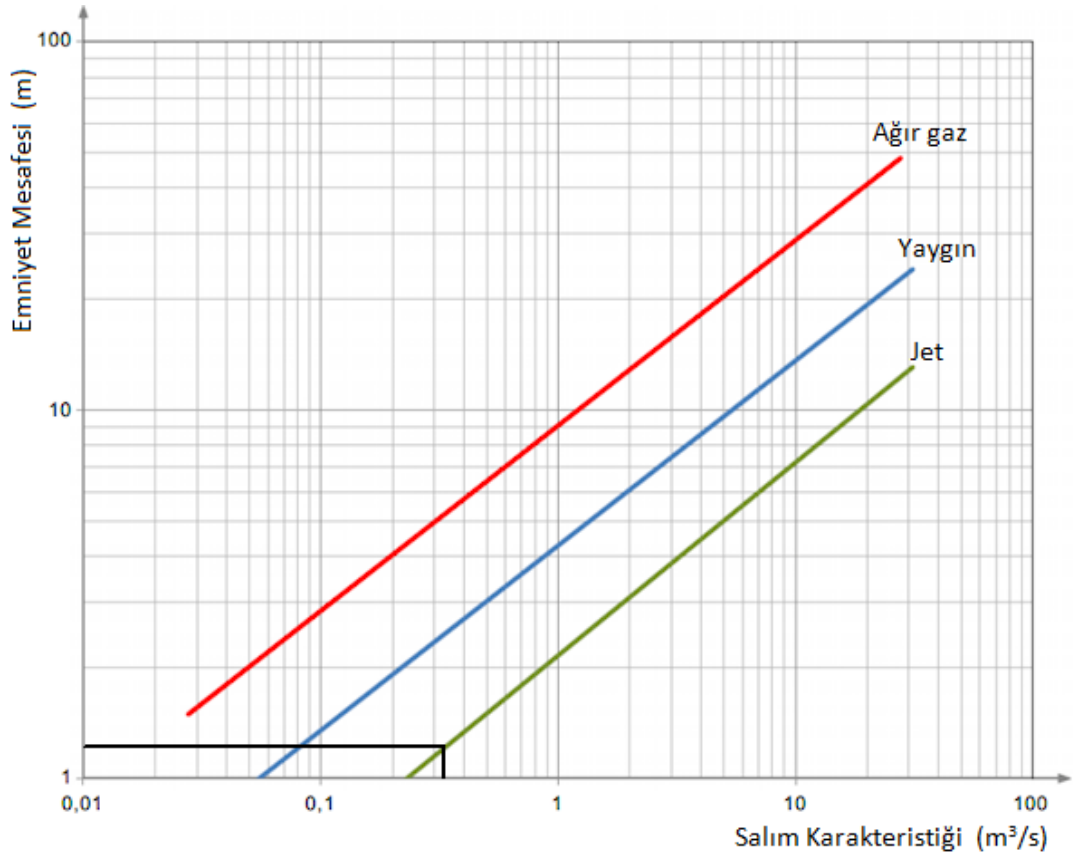
Seyreltme Derecesi : Orta seyreltme

Havalandırmanın Uygulanabilirliği : Orta

TS EN 60079 standardına göre; doğalgaz için boşalma grubu ve seyreltme sınıfının kesiştiği nokta belirlenerek kesiştirilir. Kesişen nokta aşağıdaki gibi açığa çıkan gazın tehlike sınıfını göstermektedir.

Tablo 6 : Doğalgaz, tehlikeli bölge belirlenmesi

BOŞALMA DERESESİ	HAVALANDIRMANIN ETKİSİ						
	YÜKSEK SEYRELTME			ORTA SEYRELTME			DÜŞÜK SEYRELTME
	HAVALANDIRMANIN KULLANILABİLİRLİĞİ						
	İYİ	ORTA	ZAYIF	İYİ	ORTA	ZAYIF	İYİ, ORTA, ZAYIF
SÜREKLİ	(Bölge 0 iE) Tehlikesiz	(Bölge 0 iE) Bölge 2	(Bölge 0 iE) Bölge 1	Bölge 0	Bölge 0 + Bölge 2	Bölge 0 + Bölge 1	Bölge 0
ANA (Birinci Derece)	(Bölge 1 iE) Tehlikesiz	(Bölge 1 iE) Bölge 2	(Bölge 1 iE) Bölge 2	Bölge 1	Bölge 1 + Bölge 2	Bölge 1 + Bölge 2	Bölge 1 veya Bölge 0
TALİ (ikinci Derece)	(Bölge 2 iE) Tehlikesiz	(Bölge 2 iE) Tehlikesiz	Bölge 2	Bölge 2	Bölge 2	Bölge 2	Bölge 1 veya Bölge 0



Şekil 14 : Doğalgaz, flanş emniyet mesafesinin hesaplanması

Salım Karakteristiği : 0,336 m³/s

Yayının Şekli : Jet

Emniyet Mesafesi : 1,28 m

Tehlikeli Bölge Sınıfı : Bölge 2

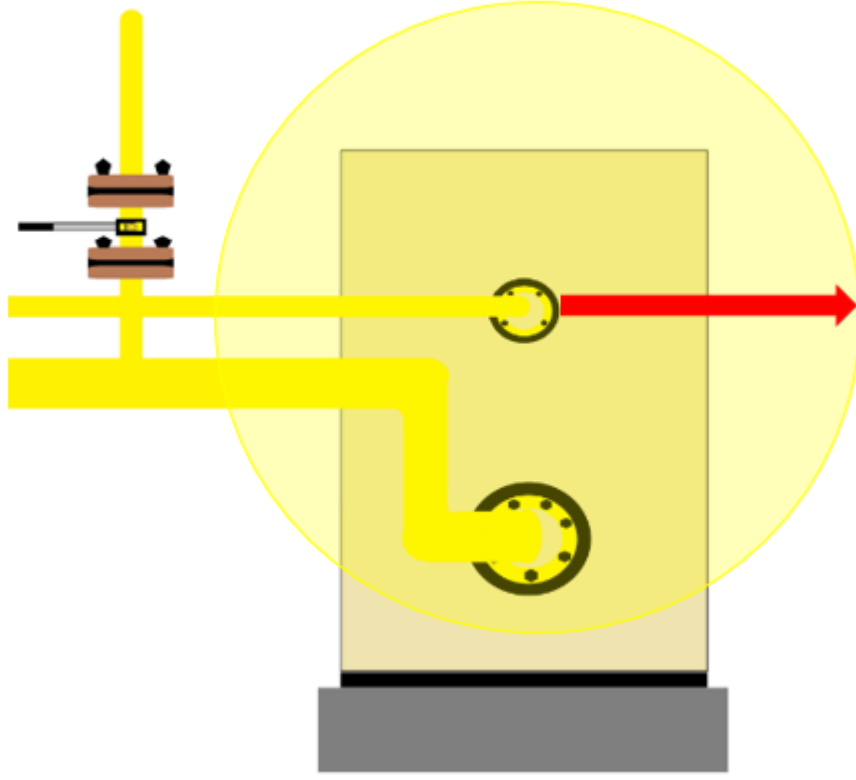


Bölge 0

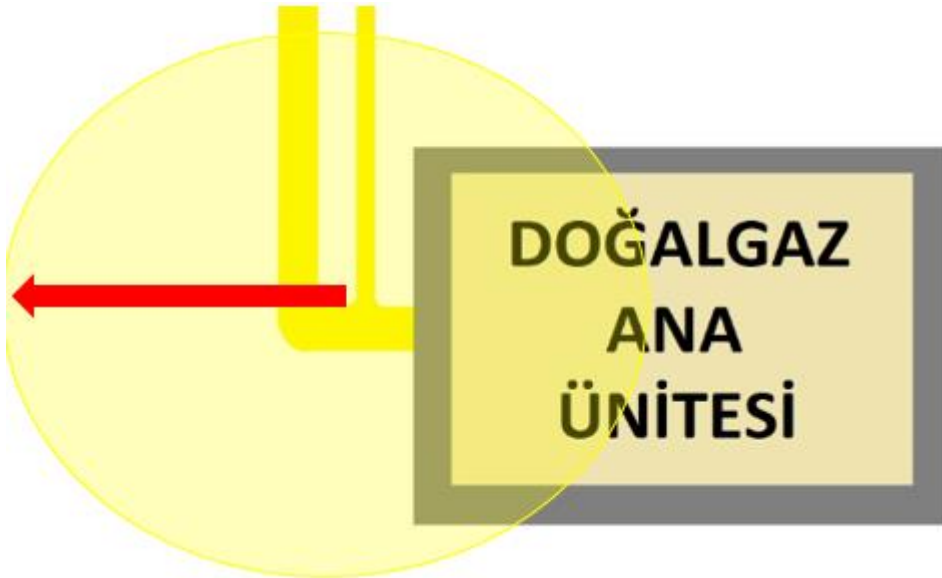
Bölge 1

Bölge 2

Şekil 15 : Tehlikeli bölge işaretlemesinde renk kodları



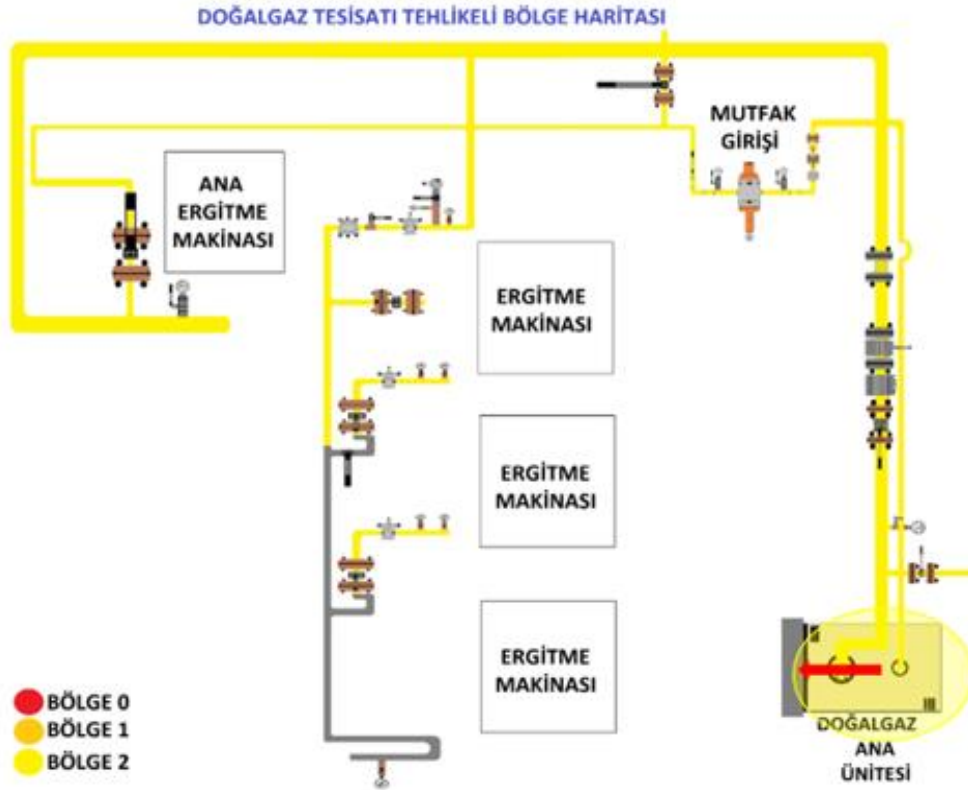
Şekil 16 : Doğalgaz flanşı, tehlikeli bölge profil görünümü



Şekil 17 : Doğalgaz flanşı, tehlikeli bölge üstten görünümü



Resim 2 : Doğalgaz flansı tehlikeli bölge temsili görünümü



Şekil 18 : Doğalgaz tesis planı tehlikeli bölge görünümü

Aseton Kimyasal maddesinin hesaplanması

Bölüm Parametreleri

Alan Türü : Kapalı alan

Havalandırmanın uygulanabilirliği : Zayıf

Ortam basıncı : 101325 Pa

Cebri Havalandırma Parametreleri

Havalandırma Türü :

İş yada tank çevresi (P) : 6m

Menfez uzaklığı (x) : 2m

Rüzgar hızı (V) : 0,05 m/sn (Kapalı alan)

Hava Akış Hızı Hesaplanması

$$Q_2 = 1,4 \cdot (P \cdot V \cdot X) \text{ m}^3/\text{sn}$$

$$Q_2 = 1,4 \cdot 6 \cdot 2 \cdot 0,05 = 0,84 \text{ m}^3/\text{sn}$$

Tehlikeli Madde Parametreleri

Molekül Ağırlığı (M) : 58,08 Kg/Kmol

Alt Patlama Sınırı (LFL) : 0,025 vol/vol

Yer çekimi ivmesi (g) : 9,81 m²/sn

Salım Kaynağı Parametreleri (Gaz)

Salım Derecesi : Sürekli boşalma

Havalandırmanın verimliliği (f) : 2

Kütlesel Salım miktarı 0,00000145567

Ortamdaki mutlak sıcaklık : 293°C

Kritik Basınç Hesaplaması (P_c) :

Atmosferik basınç (P_a) : 101325 P_a

$$P_c = P_a \left(\frac{\gamma + 1}{2} \right)^{\gamma/\gamma-1}$$
$$P_c = 101325 \left(\frac{0+1}{2} \right)^{0/0-1}$$
$$= 101325 P_a$$

Salım Hızı Hesaplanması

$$W_g = C_d \cdot S \cdot p \sqrt{\gamma \frac{M}{Z \cdot R \cdot T} \left(\frac{2}{\gamma + 1} \right)^{(\gamma+1)/(\gamma-1)}} \quad (kg/sn)$$
$$W_g = \frac{0.0 \cdot 0}{10^6} \sqrt{0 \frac{58,08}{0.8314 \cdot 0} \left(\frac{2}{0+1} \right)^{(0+1)/(0-1)}} \quad (kg/sn)$$
$$= 1,45567E - 6 \text{ kg/sn}$$

Gaz Yoğunluğu Hesaplanması

$$P_g = \frac{P_a \cdot M}{R \cdot T_a} \text{ kg/m}^3$$
$$P_g = \frac{101325 \cdot 58,08}{8314 \cdot 293} \text{ kg/m}^3$$
$$= 2,41582560277044 \text{ kg/m}^3$$

Hacimsel Salım Miktarı Hesaplanması

$$\begin{aligned} Q_g &= \frac{W_g}{P_g} \text{ m}^3/\text{sn} \\ &= \frac{1,45567E - 6}{2,41582560277044} \\ &= 6,02555912285495E - 7 \text{ m}^3/\text{sn} \end{aligned}$$

Arka Plan Konsantrasyonu

$$\begin{aligned} X_b &= \frac{f \cdot Q_g}{Q_g + Q_1} = \frac{f \cdot Q_g}{Q_2} \text{ vol/vol} \\ &= \frac{2 \cdot 6,02555912285495E - 7}{0,839999397444088} \\ &= 1,20511182457099E - 6 \text{ vol/vol} \end{aligned}$$

Kritik Konsantrasyon

$$\begin{aligned} X_{crt} &= 0,25 \cdot LFL \\ &= 0,25 \cdot 2,5/100 \\ &= 0,00625 \text{ vol/vol} \end{aligned}$$

Seyreltme Derecesi

Arka plan konsantrasyonu, kritik konsantrasyonundan düşüktür.
Havalandırmanın Etkisi : Yüksek Seyreltme

Aseton kimyasal maddesine ait boşalma grubu ve seyreltme sınıfı belirlendikten sonra kesişen nokta TS EN 60079 standardına göre bölge sınıfını vermektedir.

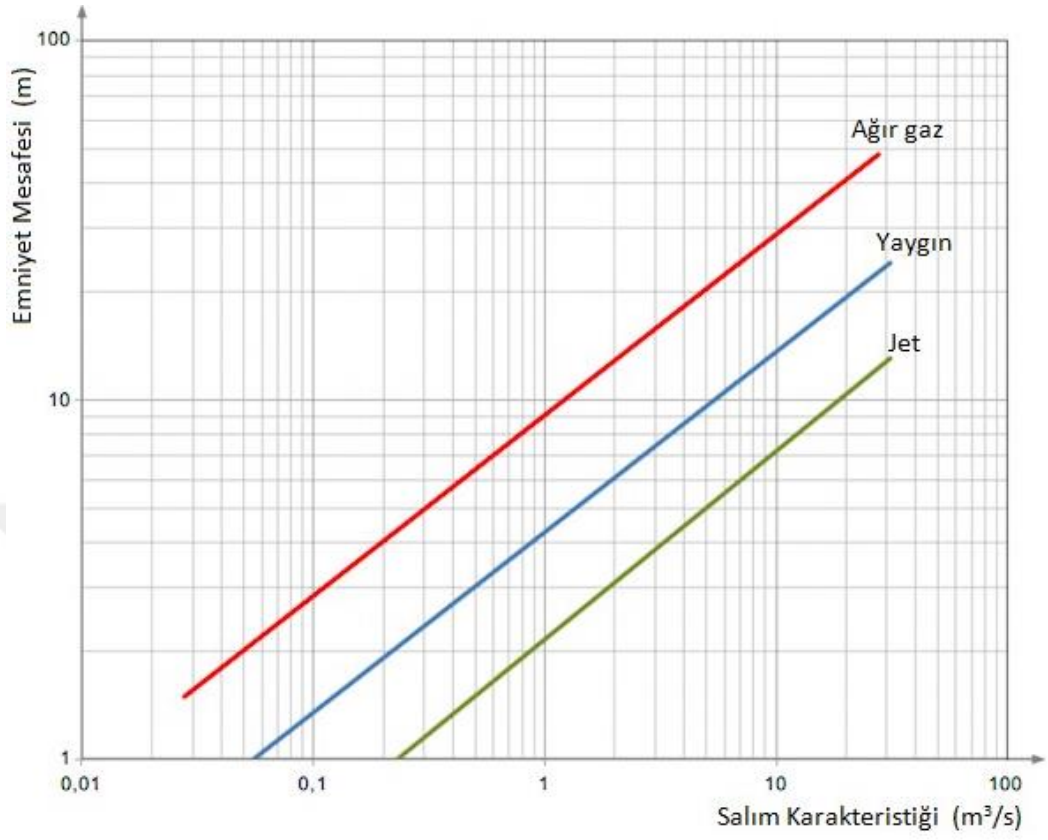
Tablo 7 : Aseton, tehlikeli bölge belirlenmesi

BOŞALMA DERECESİ	HAVALANDIRMANIN ETKİSİ						
	YÜKSEK SEYRELTME			ORTA SEYRELTME			DÜŞÜK SEYRELTME
	HAVALANDIRMANIN KULLANILABİLİRLİĞİ						
	İYİ	ORTA	ZAYIF	İYİ	ORTA	ZAYIF	İYİ, ORTA, ZAYIF
SÜREKLİ	(Bölge 0 İE) Tehlikesiz	(Bölge 0 İE) Bölge 2	(Bölge 0 İE) Bölge 1	Bölge 0	Bölge 0 + Bölge 2	Bölge 0 + Bölge 1	Bölge 0
ANA (Birinci Derece)	(Bölge 1 İE) Tehlikesiz	(Bölge 1 İE) Bölge 2	(Bölge 1 İE) Bölge 2	Bölge 1	Bölge 1 + Bölge 2	Bölge 1 + Bölge 2	Bölge 1 veya Bölge 0
TALİ (ikinci Derece)	(Bölge 2 İE) Tehlikesiz	(Bölge 2 İE) Tehlikesiz	Bölge 2	Bölge 2	Bölge 2	Bölge 2	Bölge 1 veya Bölge 0

Salım Derecesi : Sürekli boşalma

Seyreltme Derecesi : Yüksek Seyreltme

Havalandırmanın Uygulanabilirliği : Zayıf



Şekil 19 : Aseton, emniyet mesafesinin hesaplanması

Yayınım Şekli : Jet

Bölge Sınıfı : Bölge 1

Tehlikeli Bölge Mesafesi : 1m

5. TARTIŞMA

Bu risk değerlendirmesinin hazırlanma aşamasında; ÇOLAK TUNA I. tarafından Haziran 2017 tarihinde ‘Patlayıcı ortamlarda İSG ve bir mobilya üretim tesisinde patlayıcı ortam risklerinin değerlendirilmesi’ isimli bitirme projesi incelenmiştir. 2015 standardı hakkında bilgi aktarılan bu projede mobilya üretim tesisinde yapılan faaliyetler ele alınmıştır. Mobilya üretim tesislerinde gerçekleşen kazalar göz önünde bulundurulduğun dolayı ağırlıklı olarak toz üzerine yapılan çalışma olarak ele alınmıştır. Hazırlanan bu proje ise kimyasal maddeler üzerinde etkili olan gaz çıkışlarındaki tehlikeler aktarılmıştır. Ayrıca bu belgede; tesiste kullanılacak exproof ekipmanların etiketlenmesi yapılarak, çalışanlar tarafından kullanılacak kişisel koruyucu donanımlar hakkında da bilgi verilmiştir. Bu belgede açığa çıkan gaz miktarına ağırlık verilmiştir. Patlayıcı ortamların en fazla gaz çıkışının bulunduğu ortamlar olarak görölmüştür.

Patlamadan korunma risk değerlendirmesi, iş kazalarındaki patlayıcı ortam sorununu ve kimyasal maddelerden oluşan olası riskleri kabul edilebilir seviyeye indirmeyi hedeflemiştir. Risk ve tehlike barındırmayan bir işlemin dahi güvensiz davranışlar sebebi ile iş kazalarına sebebiyet verebilmektedir. Hazırlanan her patlamadan korunma risk değerlendirmesi gerçek anlamda faaliyete geçirilmeli ve her maddesi dikkate alınmalıdır. Bu konuda tedarik edilecek donanımların mali değerinin tamamı dolaylı olarak tekrar geri dönecektir. Yapılan her işte, kullanılan her kimyasal madde de veya parlayıcı patlayıcı ortam oluşturabilecek her tozlu ortamda bu belgenin hazırlanması ve gerekli uygulamaların takibinin yapılması son derece önemlidir.

Belge içerisinde örnek olarak gösterilen işletme üzerinde gerekli hesaplamalar gerçekleştirilmiştir. Bu hesaplama sonrası çıkacak olan tehlikeli bölgelere göre etiketlendirme yapılarak uygun exproof donanımlar tedarik edilmelidir. Her donanımın uygun koşullarda ve ehil kişiler tarafından montajı yapılmalıdır^{29,30,31}.

Tesiste gerçekleştirilen hesaplamalarda; Propan gazına ait emniyet mesafesi yatayda ve dikeyde 3,72 m olarak hesaplanmıştır. Sınıfı Bölge 1 olan Propan gazının 3,72 m'den daha az mesafede kullanıldığı ve depolandığı alanlarda elektrikli donanım bulunmaktaysa etikete uygun, bölge içerisine dahil olan elektrikli ekipmanların exproof özelliğe sahip olması gerekmektedir. Propan gazının 3,72 m alanına dahil olan elektrikli ekipmanlarına ait etiket bilgileri;

CE  II 2G Ex d IIA T5 Gb veya



CE  II 1G Ex d IIA T5 Ga olması gerekmektedir.

Tesiste hesaplaması yapılan doğalgaz flanşına ait hesaplamada emniyet mesafesi ise yatay ve dikeyde 1,28 m olarak sonuç elde edilmiştir. Bölge 2'ye dahil olan flanşın en az 1,28 m çevresindeki bütün elektrikli donanımların hazırlanan etikete uygun özelliklerde exproof olması gerekmektedir. Doğalgaz tehlikeli bölge içerisinde bulunan elektrikli ekipmanlara uygun ekipmanın etiket bilgileri;

CE  II 3G Ex d IIA T5 Gc veya

CE  II 1G Ex d IIA T5 Ga olması gerekmektedir.

Tesis içerisinde kullanılan bileşiminde aseton bulunan kimyasal maddenin hesaplamalarında ise emniyet mesafesi dikey ve yatayda 3,72 m olarak görülmüştür. Evaporasyon sonucu yayılan bu gaz için, kullanımı yapılan her yerde ve depolandığı her yerdeki güvenli bölge 3,72 m'den sonra başlamaktadır. Bölge 1'e dahil olan asetonun 3,72 m içerisindeki bütün elektrikli ekipmanların yine exproof özellikte ve etikette olması gerekmektedir. Aseton kimyasal maddesinin bulunduğu 3,72 m lik alanda, kullanılan elektrikli ekipmanların etiket bilgileri³²;

CE  II 2G Ex d IIA T5 Gb veya
CE  II 1G Ex d IIA T5 Ga olması gerekmektedir.

Yukarıda belirtilen önlemler doğrultusunda, tesiste patlayıcı ortamlara karşı gerekli önlemler kısmen alınmış olacaktır. Bu önlemlerin yanında hazırlanan patlamadan korunma risk değerlendirmesi ile ilgili çalışanlara genel bilgilendirme eğitimi düzenlenmelidir. Patlayıcı ortamlarda fiili olarak çalışan personeller, sorumlu ve yetkililer, kimyasal madde depo sorumluları ve gerekli görülen diğer çalışanlar ise özel eğitime tabii tutulmalıdır. Eğitimin yılda en az bir kez tekrarlanması ve hatırlatmaların sık sık yapılması, oluşabilecek patlayıcı ortamları engelleyecektir.

Kimyasal madde ile çalışma yapılacak olan bölgelerin veya patlayıcı ortam bulunabilecek bütün ortamlar ile ilgili kontrol listeleri hazırlanmalıdır. Kontrol listeleri her işin başlangıcında, herhangi bir iş kazası yaşandığında, uygunsuzluk tespit edildiğinde veya gerekli görüldüğünde rutin olarak doldurularak kayıt altına alınmalıdır. Aynı kontrol listeleri mümkün ise birden fazla kişi tarafından yakın zamanlarda doldurulmalıdır. Bu şekilde birden fazla bakış açısı olduğundan olabilecek risklerin tespiti daha kolay elde edilecektir.

Tesiste kullanılan kompresörler ile kesinlikle kıyafet temizliği yapılmamalıdır. Bu durumla ilgili olarak kompresör tabancalarının yakınında görünür yerlere ikaz levhaları ile işaretlemeler yapılmalı ve sorumlular tarafından takip edilmelidir. Statik elektrik yüklenen bir çalışan üzerinde, patlayıcı ortamın reaksiyon oluşturma ihtimali oldukça yüksektir. Bu durumun kontrolü için eğitimlerin sıklaştırılması, takiplerin artırılması ve aşağıda fotoğraf örneği bulunan kişisel koruyucu donanımların çalışanlara tedarik edilmesi gerekmektedir.



Resim 4 : Anti statik bakır topraklama levhası



Resim 5 : Anti statik eldiven



Resim 6 : Anti statik ayakkabı



Resim 7 : Anti statik kıyafet

6. SONUÇ

Ülkemizde yanıcı ve parlayıcı ortamlardan oluşan patlamaların bir kısmının, yeterli düzeyde eğitimin alınmadığından kaynaklandığı görülmüştür. Bu proje aşamasında incelenen birçok iş kazasında, işe yeni başlayan çalışanlardan veya ATEX patlaması ile ilgili bilgisi olmayan çalışanlardan dolayı iş kazaları yaşandığı görüşüne varılmıştır. Yanıcı ve parlayıcı ortam oluşma durumlarında gerekli teknik önlemlerin alınmasının önemi kadar, organizasyona yönelik önlemlerin alınması da son derece önemlidir.

Belge hazırlama aşamasında hedeflenen hesaplama, uygun donanım tedarik etme ve sürekli kontrol mekanizmasında olumlu sonuçlar alınmıştır. Tesiste; hesaplamaları gerçekleştirilen kimyasal maddelere ait kullanım alanları belirlenmiş ve bazı bölümlerde tecrit etme metodu uygulanmıştır. Elektrikli ekipmanların bulunduğu tehlikeli bölgelerde ise etiket bilgisi tesis sorumluları ile yapılan görüşmeye istinaden kısa sürede tedarik edileceği bilgisi alınmıştır. Bu belgede hazırlanma, hesaplama, uygulama, önlem alma ve sürekli kontrol süreçleri açıkça anlatılmıştır.

Parlayıcı ve patlayıcı ortamlar günlük olarak temizlik, bakım, onarım veya bölgeye özgü kontrol listeleri ile denetlenmelidir. Olabilecek gaz sızıntıları, sıvı dökülmeleri, elektrik kaçakları veya insanlar tarafından sergilenen güvensiz davranışların anlık olarak önüne geçilmesi ve giderilmesi gerekmektedir. Bütün ramak kala olay ve iş kazaları raporlanarak aylık ve yıllık olarak beyin fırtınası yapılarak değerlendirilmeler yapılmalıdır.

Hazırlanan patlamadan korunma risk değerlendirmesine istinaden; kişisel koruyucu donanımlar, tehlikeli bölgeler, topraklama levhaları ve periyodik muayeneler ile ilgili kontrol listesi hazırlanarak rutin kontrol tarihli uygulanması istenmiştir. Hesaplama yapılan bütün bölgelerin işaretleme ve uygunluk takibi de en temel hususlardan biridir.

Sonuç olarak; patlamadan korunma risk değerlendirmesinde görülen temel eksikliklerin başında, bu konuda mevzuatın daha detaylı bir şekilde güncellenmesi gerekmektedir. Ayrıca işyerlerine daha fazla denetim gerçekleştirilerek yol gösterici aksiyonlar alınmalıdır. Her patlamadan korunma risk değerlendirmesinin başında hazırlayan kişinin ve hazırlanan ortamda bulunan çalışanların eğitimine önem verilmelidir. İhtiyaç duyulacak belgeler üzerinde taslak oluşturulması, örneklerin artırılması ve yazılı dokümanların çoğaltılması bu risk değerlendirmede öncü olacaktır.

7. ÖZET

PATLAMADAN KORUNMA RİSK DEĞERLENDİRMESİ VE DÖKÜM FABRİKASINDA İNCELENEN PARLAYICI PATLAYICI ORTAMLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ

Günümüzde ve ülkemizde gelişme aşamasında olan parlayıcı patlayıcı ortamlarda alınacak tedbirler henüz yeterli olmamakla birlikte, birçok ortamın patlayıcılığı ise tespit edilememiştir. İşyerlerinde bulunan çalışanların eğitim alması, alınan eğitime istinaden uygulamaların gerçekleştirilmesi ve faaliyetlerin takibinin yapılması gerekmektedir.

Bu belgede IEC 60079-10-1 sıvı ve gazlar için, IEC 60079-10-2 tozlar için parlayıcı patlayıcı ortamlar hakkında bilgi verilmiştir. Olası ATEX patlamalarını önlemek için yapılacak hesaplamalar ve kullanılacak donanımın etiket bilgileri paylaşılmıştır. Belge hazırlama aşamasında dikkatli kontrol ve sürekli takip daha sağlıklı verilere ulaşmayı sağlayacaktır.

Elde edilen hesaplama sonuçlarına göre yatay ve dikey mesafelerde çıkan alan içindeki bütün elektrikli ekipmanların exproof özellikte olanlarıyla değiştirilmesi gerekmektedir. Ayrıca tehlikeli bölge içerisinde bulunması zorunlu olan çalışanlara ise antistatik kıyafet ve ayakkabıların kullanılması gerekmektedir.

Anahtar Kelimeler: patlamadan korunma, patlama, yanıcı parlayıcı, tedbir

8. SUMMARY

EVALUATION OF EXPLOSIVE RISK ASSESSMENT AND EXPLOSIVE EXPLOSION ENVIRONMENTS IN THE CASTING FACTORY

Measures to be taken in explosive atmospheres, which are now and in the development stage in our country, are not yet sufficient, but the explosiveness of many environments has not been determined. Employees in the workplace need to be trained, implement applications in the sense of the training received and follow the activities.

For this document IEC 60079-10-1 liquid and gasses, IEC 60079-10-2 information on explosive atmospheres for dusts has been provided. The calculations to be made to prevent possible ATEX bursts and the label information of the equipment to be used are shared. Careful control and continuous follow-up during the document preparation phase will ensure access to more healthy data.

According to the calculation results obtained, all the electrical equipments in the area at the horizontal and vertical distances must be replaced with those of the exproof. In addition, antistatic clothes and shoes should be used for employees who are obliged to be in dangerous area.

Keywords: explosion protection, explosion, combustible flammability, measure

9. KAYNAKLAR

1. EN 60079-10-1: 2015. Patlayıcı Ortamlar – Bölüm 10-1: Alanın sınıflandırılması – Patlayıcı gaz ortamları. Teknik Kurul. 21.12.2015. Türk Standardı
2. IEC EN 60079-10-2 : 2015. Patlayıcı Ortamlar- Bölüm 10-2. Tehlikeli Bölgelerin Sınıflandırılması – Yanıcı Toz Atmosferler. Teknik Kurul. 30.04.2015. Türk Standardı
3. DİRİK C. Statik Elektrik Kaynaklı Toz Patlamalarının FMEA Risk Analizi Yöntemi İle İncelenmesi ve Deneysel Analizi. Yüksek Lisans Tezi. İzmir. Gediz Üniversitesi. 2015
4. ÖZYILMAZ H. S. Endüstriyel Tesislerde Toz Patlamaları [internette] 3 Kasım 2017 [7 Ocak 2018’de okundu] elektronik adresi : <http://www.yanginokulu.com/endustriyel-tesislerde-toz-patlamalari/>
5. ÜÇÜNCÜ K. Toz Patlamaları. [internette] Aralık 2011 [7 Ocak 2018’de okundu] elektronik adresi : <http://www.isteguvencilik.tc/tozpatlamalari.pdf>
6. Çalışanların Patlayıcı Ortamların Tehlikelerinden Korunması Hakkında Yönetmelik. Ankara: Bakanlık. 30 Nisan 2013 Resmi Gazete. Sayısı: 28633
7. Muhtemel Patlayıcı Ortamda Kullanılan Teçhizat ve Koruyucu Sistemler İle İlgili Yönetmelik (2014/34/AB). 30 Haziran 2016 Resmi Gazete. Sayısı: 29758
8. ÖZKILIÇ Ö. TS EN 60079-10-1:2015 Standardı Patlayıcı Ortam Bölge (Zone) Hesaplamaları İçin Yeterli Mi? [internette] 2016 [13 Ocak 2018’de okundu]. elektronik adresi : <https://www.linkedin.com/pulse/ts-en-60079-10-12015-standart%C4%B1-patlay%C4%B1c%C4%B1-ortam-b%C3%B6lge-zone-%C3%B6zkili%C3%A7/>
9. GÜLTEK S. Patlamadan Korunma Dokümanı [internette] 12-13 Haziran 2015 [16 Aralık 2017’de okundu] elektronik adresi : http://www.busiad.org.tr/img/files/Dist_PKD_BUSIAD_10Haziran2015.pdf

10. OVACILLI S. – PEKİNER T. İş Sağlığı ve Güvenliği Uygulama Rehberleri. [internette]. 2014. [13 Ocak 2018’de okundu]. elektronik adresi : <https://www.csgb.gov.tr/media/2082/isguygulamalari.pdf>
11. İNCE A. Patlayıcı Atmosferlerin (ATEX) Patlama Davranışları [internette] [17 Ocak 2018’de okundu]. Elektronik adresi : http://www.emo.org.tr/ekler/a0cab31e695923b_ek.pdf
12. TS EN 1127-1 : 2012 Patlayıcı ortamlar – Patlamayı önleme ve korunma – Bölüm 1 : Temel kavramlar ve metodoloji. TK17: Maden Teknik Komitesi. 13.03.2013 Türk Standardı
13. KEPEKLİ T. A. İstanbul Yeni Yüzyıl Sağlık Bilimleri Fakültesi, İş Sağlığı ve Güvenliği Yüksek Lisans Programı Patlamadan Korunma ve ATEX Ders Notları (Basılmamış)
14. BAĞAN M. Toz Patlamaları [internette] 17-18 Mayıs 2017 [7 Ocak 2018’de okundu]. elektronik adresi : <http://www.prosesguvenligi.org/assets/Uploads/MBagan-Proses-Guveligi.pdf>
15. ÖZLER A. Patlamadan Korunma Dokümanı Eğitim Sunumu [internette] [3 Aralık 2017’de okundu] elektronik adresi : http://www1.mmo.org.tr/resimler/dosya_ekler/0b8f104edddb22b_ek.pdf?tipi=2&turu=X&sube=2
16. Büyük Endüstriyel Kazaların Önlenmesi ve Etkilerinin Azaltılması Hakkında Yönetmelik. Ankara: Bakanlık. 30.12.2013 Resmi Gazete. Sayısı : 28867
17. ASANA M. M. Endüstriyel Tesislerde Toz Patlamaları, Modellenmesi ve Risk Azaltılması. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi. 2015
18. SARI M. K. Elektrostatik Toz Boya Tesislerinde Tehlikeli Bölgeler ve Örnek Bir Patlamadan Korunma Dokümanı [internette] [7 Ocak 2018’de okundu] elektronik adresi : http://www.emo.org.tr/ekler/698afbf33204416_ek.pdf
19. İNCE A. Sanayide Yanıcı Sıvı Buharlarının Meydana Getirdiği ATEX Patlamaları. [internette] 26-27-28 Eylül 2013 [6 Ocak 2018’de okundu] elektronik adresi : http://www.abdurrahmanince.net/Aince_Atex2_Sunu.pdf

20. ECKHOFF R. K. Dust Explosions in the process industrics. 3. Norveç. GPP. 2003. s.25-12
21. LEES F. Lees' Loss Prevention In The Process Industries. 3. İngiltere. Butterworth-Heinemann. 2004. S. 122-201
22. ÖZKILIÇ Ö. ATEX direktifleri çerçevesinde patlayıcı ortam sınıflandırma ve patlayıcı ortam risk değerlendirmesi. [internette]. [6 Ocak 2018'de okundu] <http://www.onderakademi.com/blog/sempozyum-sunumlar/Atex-Bildiri-v3.pdf>
23. TS EN 13821. Potansiyel Patlayıcı Ortamlar- Patlamanın önlenmesi ve korunma- Toz/ hava karışımlarının en düşük tutuşma enerjisinin tayini. Mühendislik Hizmetleri İhtisas Grubu. 27/09/2015. Türk Standardı
24. İNCE A. - BAHÇEVAN E. Patlamadan Korunma Dokümanı Hazırlama Eğitimi. [internette] 14-15 Mayıs 2014 [6 Ocak 2018'de okundu] elektronik adresi :
http://www.abdurrahmanince.net/PKDHE_CASGEM_AINCE_EBAHCEVAN_11-14MAYIS2014.pdf
25. SARI M.K. Patlayıcı Ortamlarda Kullanılan Elektrik Aygıtları ve Patlayıcı Ortam Hakkında Genel Bilgi [internette]. [20 Kasım 2017'de okundu] elektronik adresi :
http://www.taskomuru.gov.tr/file/alsz/ExproofGuide_Kemal%20SARI.pdf
26. Ekipmanlardaki ATEX Kodlarından Ne Anlamalıyız? [internette] 6 Temmuz 2017 [20 Kasım 2017'de okundu]. Elektronik adresi :
<http://ulkumuhendislik.com/ex-proof/ekipmanlardaki-atex-kodlarindan-ne-anlamaliyiz/>
27. Parlak E. Patlama Riskli Ortamlarda Kullanılacak Ekipman Seçimi ve Patlama Korumalı (Ex-Proof Malzemeler). Yüksek Lisans Tezi. Kocaeli: Kocaeli Üniversitesi. 2008
28. ÇOLAK TUNA I. Patlayıcı Ortamlarda İş Sağlığı ve Güvenliği ve Bir Mobilya Üretim Tesisinde Patlayıcı Ortam Risklerinin Değerlendirilmesi. Bitirme Projesi. İstanbul: T.C. İstanbul Yeni Yüzyıl Üniversitesi. 2017

29. BİNGÖL N. Patlayıcı Ortamlarda Kullanılacak Exproof Elektrik Cihazlarının Tesisatı, Tamir, Bakım, Onarımı ve Sistemlerin Verimliliği. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul. Üsküdar Üniversitesi. 2015
30. ÇİLİNGİR H. ATEX Talimatları ve Pnömatik [internette] [28 Ocak 2018'de okundu]. Elektronik adresi :
http://www1.mmo.org.tr/resimler/dosya_ekler/efb4a2c04a1b8e2_ek.pdf
31. Endüstriyel Yangınlar ve Patlamalar 2017 Yılı Raporu [internette] 31 Ocak 2018 [1 Şubat 2018'de okundu]. Elektronik adresi :
http://politeknik.org.tr/wp-content/uploads/2018/02/kmo_rapor.pdf
32. Patlama Riski Olan Ortamlarda Elektrik Tesisatı [internette] [1 Şubat 2018'de okundu]. Elektronik adresi :
http://www.isgum.gov.tr/rsm/file/isgdoc/PKE1_patlama_elektrik_tesisati.pdf

10. EKLER

Patlamadan Korunma Risk Değerlendirmesi konulu bu yüksek lisans tezi oluşturulurken; bir döküm fabrikasında inceleme, gözlem ve hesaplamalar yapılmıştır. Bu işyerinde alınan gerekli izinlere ait belge işveren vekili onaylı olarak aşağıda yer almaktadır :

T.C. İSTANBUL YENİ YÜZYIL ÜNİVERSİTESİ SAğLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ'NE

05.03.2018

10795482264 T.C. kimlik numaralı Muhammed Ortaç'ın, SCHWEIZER ESO BASINÇLI DÖKÜM KALIP SAN. LTD. şirketinde hazırlamış olduğu; 'Patlamadan Korunma Risk Değerlendirmesi' konulu Yüksek Lisans Tez'inde araştırma ve uygulamaları yapmak üzere izin talebi olumlu karşılanmıştır. Bu tez hazırlanma aşamasında kimyasal maddelerin Malzeme Güvenlik Bilgi Formları, işyeri vaziyet planı, iş akış şeması, işyeri ziyaretinde çekilmiş fotoğraflar, doğalgaz dağıtım şeması ve tez yazımı için gerekli diğer evraklar tarafımızca tedarik edilmiştir. Gereğini bilgilerinize arz ederim.

İşveren Vekili

Ali Özhan HAYRAT

SG SCHWEIZER
ESO BASINÇLI DÖKÜM
KALIP SAN. LTD. ŞTİ.
Istanbul-Beşiközü Sanayi Bölgesi Kazlıçeşme Cad.
No:29 F-18 Özel Parsel PK.34956 Tuzla - İstanbul
Tel:(0216) 627 01 26-27 Fax:(0216) 627 01 48
Tic. Sic.No:605352 Mersis No. 0757036478100014
AHHMHLU Kurumlar V.D.: 757 036 9781

11. ÖZGEÇMİŞ

Adı : Muhammed
Soyadı : ORTAÇ
Doğum Yeri ve Tarihi : BOZOVA / 22.04.1991

Eğitimi :

- ▶ İstanbul Yeni Yüzyıl Üniversitesi İş Sağlığı ve Güvenliği Tezli Yüksek Lisans 2017-2018
- ▶ İstanbul Yeni Yüzyıl Üniversitesi İş Sağlığı ve Güvenliği Tezsiz Yüksek Lisans 2014
- ▶ Afyon Kocatepe Üniversitesi Metal Öğretmenliği 2009-2013

Yabancı Dili : İngilizce

Bilimsel Etkinlikleri :

- ▶ Bilgisayar Sertifikası 2009
- ▶ B Sınıfı İş Güvenliği Uzmanı 2015
- ▶ Yüksekte Çalışma Eğitici Eğitimi 2017
- ▶ Tahliye ve Yangın Eğitici Eğitimi 2017
- ▶ Patlamadan Korunma Dokümanı 2017