

**KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**BİR BOYAHANEDE PATLAYICI GAZ ORTAM
OLUŞUMUNUN STANDARTLARA GÖRE İNCELENMESİ**

OKAN DUMAN

KOCAELİ 2019

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ
ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

BİR BOYAHANEDEN PATLAYICI GAZ ORTAM
OLUŞUMUNUN STANDARTLARA GÖRE İNCELENMESİ

OKAN DUMAN

Dr. Öğr. Üyesi Fatma OĞUZ ERDOĞAN

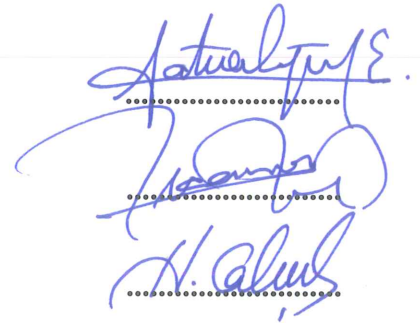
Danışman, Kocaeli Üniversitesi

Doç. Dr. Ercan ARPAZ

Jüri Üyesi, Kocaeli Üniversitesi

Doç. Dr. Hasan ÇABUK

Jüri Üyesi, Zonguldak Bülent Ecevit Üniv.


.....
.....
.....

Tezin Savunulduğu Tarih: 04.10.2019

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

İş sağlığı ve güvenliği mevzuatı kapsamında boyahanelerde patlayıcı ortam değerlendirmesi yapılması amaçlanan bu çalışmada, tehlikeli bölge sınıflandırılması için TSE EN 60079-10-1 standardı baz alınmış ve bu standardın ortaya koyduğu kısıtlar dikkate alınarak diğer ülke milli standartların kullanılması yoluna gidilerek İtalya ülkesinin CEI 31- 35 uygulama kılavuzu standardı kullanılarak tehlikeli bölge tipi ve büyüklüğü belirlenmiştir.

Tez çalışmam süresince çok değerli desteğini esirgemeyen, ortaya çıkan problemlerin çözümünde gösterdiği anlayış ve rehberlik için değerli danışman hocam Dr.Öğretim Üyesi Fatma Oğuz ERDOĞAN'a teşekkürü borç bilirim.

Mesleki gelişimini refakatlerinde tamamladığım çok değerli üstatlarım Aile, Çalışma ve Sosyal Hizmetler Bakanlığı İş Müfettişleri Başat İLTER, Mehmet Alper KAN ve Murat BAKIR'a müteşekkirim.

Tez çalışmasının temelini şekillenmesinde paylaştığı bilgilerle sağladığı değerli katkı için çalışma arkadaşım İş Müfettişi Mustafa UYANIK'a teşekkür ederim.

Yaşamım boyunca eğitim hayatımın her anında yanımda duran, koşulsuz destek veren aileme sevgi, saygı ve minnetlerimi sunarım.

Ekim – 2019

Okan DUMAN

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR	İ
İÇİNDEKİLER	İİ
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	İV
TABLOLAR DİZİNİ	V
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	VI
ÖZET.....	VII
ABSTRACT	VIII
GİRİŞ	1
1. GENEL BİLGİLER	3
1.1. Patlayıcı Ortam Oluşabilecek Yerlerin Sınıflandırılması	3
1.2. Patlayıcı Gaz Ortamları.....	4
2. PATLAYICI ORTAM TEHLİKESİNE İLİŞKİN MEVZUAT	6
2.1. 6331 Sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu.....	6
2.2. Çalışanların Patlayıcı Ortamların Tehlikelerinden Korunması Hakkında Yönetmelik	6
2.2.1. İstisnalar.....	8
3. PATLAMA RİSKİNİN DEĞERLENDİRMESİ	10
3.1. Patlayıcı Ortam Oluşma İhtimalinin Belirlenmesi.....	11
3.2. TS EN 60079-10-1:2015 Standardı	11
3.2.1. Tanımlar.....	12
3.2.2. Standardın kısıtları ve uygulanamayacağı durumlar	15
3.2.3. Alan sınıflandırması yöntemi	16
3.3. Sıvı, Buhar ve Gazların Sınıflandırılması	20
3.4. TS EN 60079-10-1:2015 ve CEI-31-35 İtalyan Metodolojisi	21
3.4.1. Boşalma çeşitleri.....	21
3.4.2. Havalandırma.....	25
3.4.3. Boşalma kaynakları ve boşalma dereceleri.....	29
3.4.4. Tehlikeli alan mesafesi (d_z)	31
3.4.5. Bölge çeşitleri	32
3.4.6. Eş zamanlı boşalmaların bölge çeşidine etkisi	33
3.4.7. Havalandırmanın bölge çeşidine etkisi.....	34
3.4.8. Açık ve kapalı ortamlar için havalandırma derecesinin tanımlanması	39
3.4.9. Havalandırma kullanılabilirlik derecesi.....	40
3.4.10. Bölge tipinin belirlenmesi	41
3.4.11. Boşalma kaynak tipleri ve delik büyüklükleri	43
3.4.12. Sıvının salım hızı	44
3.4.13. Buharlaştan havuzların salım hızı.....	45
3.4.14. Sprey şeklinde fişkırtma-buhar basıncı yüksek (Lpg vb.) boşalma hız hesabı	50
3.4.15. Gazın yayılma hızı.....	51
3.4.16. Bloklanan gazlara ait yayılım hızı	52
3.4.17. Bloklanmayan gaz hızına sahip gazın yayılım hızı	53

3.4.18. Bölge boyutunun belirlenmesi.....	54
4. UYGULAMA	57
4.1.Tesis Tanıtımı	57
4.1.1. İş akışı.....	57
4.2. EN 60079-10-1 ve CEI 31-35 Standartlarına Göre Bölge Hesaplamaları	62
4.2.1. Yanıcı ve Parlayıcı Kimyasal Envanterinin Çıkarılması.....	62
4.2.2. Boyahane Bölümüne İlişkin Tespitler	62
4.2.3. Bölge Türü ve Boyutunun Tayinine İlişkin Hesaplamalar	64
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	68
KAYNAKLAR	69
KİŞİSEL YAYIN VE ESERLER	71
ÖZGEÇMİŞ	72

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Gaz konsantrasyonunun atmosferde dağılımı.....	4
Şekil 2.1. Patlamadan korunma dokümanı hazırlanması ile ilgili şematik yaklaşım	8
Şekil 3.1. Bölgelerin gösterimi	13
Şekil 3.2. Salım kaynakları metoduna göre sınıflandırma yöntemi	17
Şekil 3.3. Tehlikeli alanların sınıflandırılmasıyla ilgili şematik yaklaşım.....	17
Şekil 3.4. 60079-10-1:2015 standardına göre bölge tipinin ve bölge büyüklüğünün belirlenmesi için şematik yaklaşım	18
Şekil 3.5. Bölge tipinin ve bölge büyüklüğünün belirlenmesi kullanılan bilgiler ...	19
Şekil 3.6. Gaz veya buharın hava içinde dağılışına ilişkin örnekler	25
Şekil 3.7. Boşalma kaynağı derecelendirme türleri	30
Şekil 3.8. Boşalma mesafesinin uzunluk-fonksiyon grafiğı	50
Şekil 4.1. Panel üretim süreci iş akış şeması-1	58
Şekil 4.2. Panel üretim süreci iş akış şeması-2	59
Şekil 4.3. Panel üretim süreci iş akış şeması-3	60
Şekil 4.4. Alüminyum kompozit panel boyama süreci iş akış şeması	61
Şekil 4.5. Yanıcı kimyasallara ilişkin bilgiler	62
Şekil 4.6. Merdaneli boya makinesi	63
Şekil 4.7. Merdaneli boya makinesi tavaları	63
Şekil 4.8. Temizlik tiner varili	64

TABLULAR DİZİNİ

Tablo 3.1. Yanıcı ve parlayıcı sıvılara ilişkin tehlike sınıflandırılması	20
Tablo 3.2. Boşalma çeşitleri	24
Tablo 3.3. Açık ortamlardaki havalandırma hızları	29
Tablo 3.4. Olası bölge çeşitleri	32
Tablo 3.5. Eş zamanlı ana boşalma sayısı	33
Tablo 3.6. Bölge tipi ve havalandırma etkisi	42
Tablo 3.7. Geçit tipleri	42
Tablo 3.8. CEI 31-30 uygulama kılavuzunda verilen delik büyüklükleri.....	44
Tablo 3.9. Tehlikeli alan mesafe eşitliğinin buhar basıncına göre değişen üs değerleri.....	55
Tablo 4.1. Pompa için hesaplama sonuçları.....	65
Tablo 4.2. Tavalardaki buharlaşma için hesaplama sonuçları	66
Tablo 4.3. Numune alma vanası için hesaplama sonuçları	67

SİMGELER VE KISALTMALAR

Kısaltmalar

AB	: Avrupa Birliği
ATEX	: Atmosphères Explosives (Patlayıcı Atmosfer)
BYKHY	: Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelik
CENELEC	: European Committee for Electrotechnical Standardization (Avrupa Elektroteknik Standardizasyon Komitesi)
GBF	: Güvenlik Bilgi Formu
IEC	: International Electrotechnical Commission (Uluslararası Elektroteknik Komisyonu)
İSGK	: İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu
LEL	: Lower Explosion Limit (Alt Patlayıcılık Sınırı)
LPG	: Sıvılaştırılmış Petrol Gazı
NFPA	: Amerikan Ulusal Yangınla Mücadele Derneği
PKD	: Patlamadan Korunma Dokümanı
TSE	: Türk Standartları Enstitüsü

BİR BOYAHANEDEN PATLAYICI GAZ ORTAM OLUŞUMUNUN STANDARTLARA GÖRE İNCELENMESİ

ÖZET

Endüstrinin pek çok dalında genel olarak boyahane diye adlandırılan çalışma alanlarında boyama prosesi yer almaktadır. Boyama prosesinde çeşitli tehlikeli kimyasallar kullanılmakta olup söz konusu kimyasalların yanıcılık, parlayıcılık, alevlenebilirlik vb. özelliklerinden kaynaklı gaz patlamaları meydana gelebilmekte ve ciddi sonuçlar doğurabilmektedir.

Patlayıcı ortam oluşturma ihtimali olan durumların değerlendirilerek riskin kontrol edilmesine yönelik tüm çalışmalar ulusal mevzuatın öngördüğü şekilde “PKD (Patlamadan Korunma Dokümanı)” çerçevesinde ele alınarak yapılmaktadır.

Patlamadan korunma dokümanı hazırlanmasında ulusal ve uluslararası standartlarla ortaya konulan kavramlara, hesaplamalara ve diğer teknik düzenlemelere ihtiyaç duyulmaktadır. Söz konusu dokümanın temeli patlayıcı ortamın türünün ve boyutunun belirlenmesi aşamaları oluşturmaktadır.

Boyahanelerde karşılaşılan en önemli tehlikelerden biri olan gaz patlaması riskine ilişkin olarak olası tehlikeli bölgelerin tespit edilmesi için yapılması gerekenler temel olarak, proseste kullanılan yanıcı gaz ve sıvı kimyasal maddelerin patlamaya sebep olacak fiziksel özelliklerinin belirlenmesi ve tesisteki yayılma kaynaklarının tespiti ve akabinde patlayıcı bölge oluşmasına sebep olabilecek gaz ve sıvının, prosesteki hız ve debilerinin önceden belirlenmesi ve buna göre patlayıcı ortamda kullanılacak ekipmanların belirlenmesi dâhil kontrol tedbirlerinin kararlaştırılmasıdır.

Bu çalışmada patlayıcı ortam değerlendirmesine ilişkin teknik kurallar ele alınmış ve endüstriyel bir işletmede yer alan bir boyahane gaz patlamalarına ilişkin olarak sıvı boşalması sonucu ortaya çıkan patlama riskinin değerlendirilmesi kapsamında tehlikeli alanların sınıflandırılması ve boyutunun tespit edilmesi uygulaması yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Boyahane, Patlamadan Korunma Dokümanı, Patlayıcı Ortam, Sıvı Boşalması, Tehlikeli Alanların Sınıflandırılması.

EVALUATION OF EXPLOSIVE GAS ATMOSPHERE IN A PAINT SHOP ACCORDING TO STANDARS

ABSTRACT

In many industrial areas, there is a process of painting in the work areas, which are generally referred to as paint shops. In this process, various hazardous chemicals are used and these chemicals are used and due to their property of flammability cause may occur gas explosions and may have serious consequences.

All efforts to control risk by evaluating situations that may create an explosive atmosphere are carried out within the framework of the “Explosion Protection Document as required by national legislation.

The concepts, calculations and other technical regulations laid down by national and international standards are required for the preparation of an explosion protection document.

One of the most important hazards encountered in paint house is the risk of gas explosion, which should be done in order to determine the possible hazardous areas, basically, the physical properties of flammable gas and liquid chemicals used in the process to determine the explosion and the formation of explosive sources in the plant may cause the formation of explosive area and determining control measures, including predetermining the speed and flow rates of the liquid in the process and determining the equipment that can be used in the explosive atmosphere accordingly.

In this study, technical rules related to explosive atmosphere assessment were discussed and classification and size determination of hazardous areas were performed within the scope of assessment of explosion risk arising from liquid release related to gas explosions in a paint house in an industrial enterprise.

Keywords: Paint Shop, Explosion Protection Document, Explosive Atmosphere, Release of Liquid, Classification of Hazardous Areas.

GİRİŞ

İş sağlığı ve güvenliği bilimi çalışanların ve bununla ilişkili olarak toplumun güvenlik ve sağlığının teminini ve geliştirilmesini amaçlamaktadır. Bu amaç aynı zamanda bir ülkeyi medeni kılan en önemli unsurlardan birinin iş güvenliği olduğunu da ortaya koymaktadır.

Temel anlamda çalışma gücünün korunması için devlet yasal düzenlemeler ile Anayasa'nın öngördüğü tedbirleri almakla yükümlüdür. Bu amaçla ülkemizde 6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu yayımlanmış ve mezkûr kanunun 30. maddesine bağlı olarak birçok yönetmelik çıkarılmıştır. Söz konusu bu yönetmeliklerden “Çalışanların Patlayıcı Ortamların Tehlikelerinden Korunması Hakkında Yönetmelik” işyerlerinde oluşması muhtemel patlayıcı ortamlara ilişkin işverenlere önemli sorumluluklar yüklemiştir.

Yönetmeliğin 6. maddesi gereğince işyerlerindeki patlama riski işveren tarafından değerlendirilmelidir. İşverenin bu kapsamda yükümlülüğünü yerine getirmesi için PKD hazırlaması gerektiği ise yönetmeliğin 10. maddesinde düzenlenmiştir. Bahsi geçen bu dokümanın altyapısını ise tehlikeli ortamın türünün ve boyutunun tayin edilmesi oluşturmaktadır.

İşyerlerinde her geçen zaman tehlikeli kimyasal kullanımı artmaktadır. Özellikle işyerlerinin boyahane diye adlandırılan bölümlerindeki boyama proseslerinde kullanılan tehlikeli kimyasal kapsamındaki yanıcı kimyasal maddelerin gaz, buhar ve sis formları atmosferik şartlar altında “patlayıcı ortam” diye adlandırılan hava ile patlamaya elverişli bir ortam oluşturabilmekte ve oluşan bu ortamının tutuşturucu bir kaynakla temasında tesirli gaz patlamaları meydana gelebilmektedir.

Bu çalışmada, boyahanelerde sıvı boşalması sonucu oluşacak göllenme alanlarında gaz patlamasına sebep olabilecek patlayıcı ortamların değerlendirmesine ilişkin mevzuat çerçevesinde ulusal standart ve bu standardın atıf yaptığı İtalya milli standardı kullanılarak gaz patlaması riskinin değerlendirilmesi kapsamında tehlikeli bölgenin türünün ve boyutunun belirlenebilmesi için kullanılacak teknik düzenlemeler

hakkında bilgiler verilmiş ve akabinde bir boyahane tesisindeki pompa, vana gibi ekipmanlardan sıvı boşalması sonucu oluşacak göllenme alanlarında meydana gelen patlayıcı gaz ortamının türü ve boyutunun tespit edilmesi uygulaması yapılmıştır.

Uygulama kapsamında göllenme oluşturabilecek üç sıvı boşalması tespit edilmiş ve TSE EN 60079-10-1 standardı ile ortaya çıkan kısıtlar kapsamında detay düzenlemeler içeren İtalya milli standardı (uygulama kılavuzu) CEİ 31-35 baz alınarak tehlikeli bölge türü ve boyutu belirlenmiştir.



1. GENEL BİLGİLER

Yanma; bir kimyasal reaksiyon veya oksitlenme ve akabinde ısı, ışık ve dumanın ortaya çıkması gibi bir dizi süreci içeren kimyasal reaksiyon serisidir. İki sınıf yanma vardır: yangın (yanma göreceli olarak yavaş gerçekleşir) ve patlama (yanma aniden meydana gelir) [1].

Yanma olayının muayyen şartlarda çok kısa bir zaman içerisinde ortaya çıkmasına “patlama” denilmektedir. Ortamdaki sıcaklık, basınç, nem ve yoğunlaşma patlamaya tesir etmektedir. Patlamanın olabilmesi için, alt ve üst patlama sınırları arasında yanıcı toz, buhar ve gazın, hava ile karışması sonucunda “patlayıcı karışım” oluşmalı, atmosferde yeterli oksijen mevcut olmalı ve karışımı tutuşturacak ateşleme enerjisine sahip bir kaynak mevcut olmalıdır [2].

Patlayıcı karışım (gaz/hava) tutuşturucu kaynakla temas edince patlamanın sonucu olarak ortaya çıkan itici kuvvet, gaz bulutunun hızlı bir şekilde yayılmasına sebep olduğundan, gaz/hava karışım yoğunluğunun düşmesiyle yanma işlemi devam etmeyecektir. Bu sayede gaz ilave edilmediği sürece, patlama milisaniyeler içerisinde sona erecektir [3]. Yani patlama sonucunda oluşan enerjinin emilimi sonucu ortam ile dengeye gelecektir.

1.1. Patlayıcı Ortam Oluşabilecek Yerlerin Sınıflandırılması

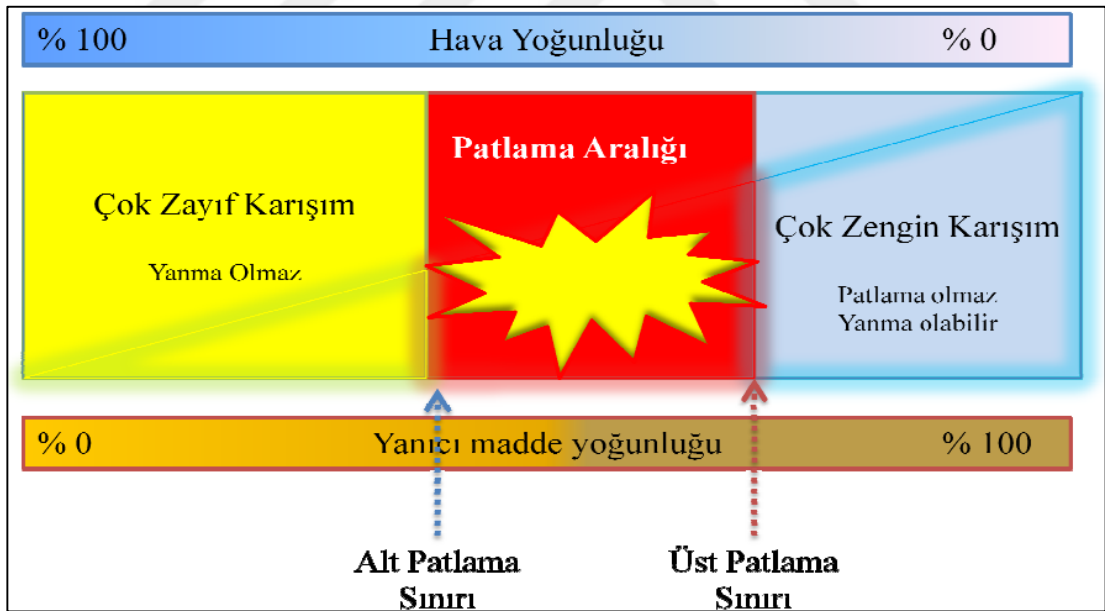
Yönetmeliğin 9 uncu maddesinde; patlayıcı ortam oluşma ihtimali olan yerlerin sınıflandırılması ve sınıflandırılmış olan bölgelerde asgari tedbirlerin uygulanmasının sağlanması hüküm altına alınmıştır.

Patlayıcı ortamlar- Bölüm 10-1: Alanların sınıflandırılması - Patlayıcı gaz ortamları başlıklı EN 60079-10-1 standardı (IEC 60079-10-1:2015+COR1:2015) patlayıcı ortam sınıflandırmasında tehlikeli bölgelerin tayinini yapmak üzere hazırlanmış bir rehber niteliği taşımaktadır.

Anılan standart patlayıcı ortamdaki kimyasalların yanıcılık seviyeleri, boşalma kaynaklarının yayılma hızları ve bu ortamdaki havalandırma şartlarına göre patlayıcı ortam sınıflandırması yapılmasına ilişkin kuralları ortaya koymaktadır.

1.2. Patlayıcı Gaz Ortamları

Aşağıda Şekil 1.1’de gösterildiği üzere; gaz yoğunluğunun az, hava yoğunluğunun ise fazla olduğu durumu belirten “Çok Zayıf Karışım” alanında yanma meydana gelmez ve ideal ortamdır. Gaz yoğunluğu ve hava yoğunluğunun belirli konsantrasyonu buhar ve gazın alt patlama ve üst patlama sınır değerlerine ulaşırsa, bu aralık muhtemel patlama aralığı yani patlamanın ve yanmanın olduğu aralıktır. Patlamanın oluşmasının engellenmesi için alt patlama sınır değerinin altına inilmesi gerekmektedir. Hava yoğunluğunun az, gaz ve buhar yoğunluğunun ise fazla olduğu durumlar “Çok Zengin Karışım”dır. Böyle bir durumda yanma ve patlama meydana gelmez ancak çok hızlı bir şekilde patlama aralığına düşülmesi ihtimali yüksektir ve bu durum kabul edilebilir değildir [4].



Şekil 1.1. Gaz konsantrasyonunun atmosferde dağılımı

Deneyimler hacimce %15 LEL (Alt Patlayıcılık Sınırı) sahip amonyak boşalmasının çoğu kez açık havada dağılıp yok olacağını ve bu yüzden çoğu durumda patlayıcı gazlı atmosferin oluşma olasılığının çok az olduğunu göstermiştir [5].

Endüstride kimyasal maddelerin özelliklerini anlatan GBF'lere (Güvenlik Bilgi Formu) kimyasal maddelerin Alt Patlama Sınır Değerleri bilgisi bulunmaktadır.

Alt Patlama Sınır Değeri LEL_v (vol%) Volümetrik değeri LEL_m (kg/m^3) moleküler kütle değerine çevirmek için normal atmosferik şartlarda aşağıdaki Eşitlik (1.1) kullanılır;

$$LEL_m = 0,416 \times 10^{-3} \times M \times LEL_v \quad (1.1)$$

M : Moleküler kütle

$0,416 \times 10^{-3}$: Sabit

2. PATLAYICI ORTAM TEHLİKESİNE İLİŞKİN MEVZUAT

6331 sayılı İSGK'da (İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu) kapsamına giren ve patlayıcı ortam oluşma olabirliği mevcut işyerlerinde patlama riskinin değerlendirilmesi zorunlu kılınmıştır.

İSGK'ya bağı olarak çıkarılan yönetmelik ve tebliğlerde ise patlayıcı ortam tehlikesinden kaynaklı risklerin değerlendirmesine ilişkin düzenlemeler yer almıştır. Bu düzenlemelerin çerçevesini risk değerlendirmesi temelinde tehlikeli bölgelerin sınıflandırılması ile belirlenen tehlikeli bölgelerde asgari önlemlerin alınması oluşturmuştur.

2.1. 6331 Sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu

6331 sayılı İSGK'nın 30. maddesinde çıkarılacak yönetmelik ile patlayıcı ortam değerlendirmesine ilişkin işverenlerin yükümlülüklerinin düzenleneceği öngörülmüştür.

2.2. Çalışanların Patlayıcı Ortamların Tehlikelerinden Korunması Hakkında Yönetmelik

Kanununun 30. Maddesi uyarınca ve 16/12/1999 tarihli ve Avrupa Parlamentosu ve Konseyi Direktifine (1999/92/EC) paralel olarak hazırlanan 30.04.2013-28633 tarih ve sayılı Resmi Gazete'de yayımlanan "Çalışanların Patlayıcı Ortamların Tehlikelerinden Korunması Hakkında Yönetmeliğin" amacı; çalışanları patlayıcı ortamlardan kaynaklanabilecek tehlikelerinden korumak için alınması gereken tedbirlere ilişkin usul ve esasları düzenlemektir.

Yönetmeliğin 5.maddesinde; işverenin, patlamaların önlenmesi ve patlamanın oluşması halinde bunlardan korunmayı sağlamak amacıyla, uyulması gereken temel ilkelere öncelik sırasına göre yer verilmiştir. Bunlar;

-Patlayıcı ortam oluşmasını önlemek

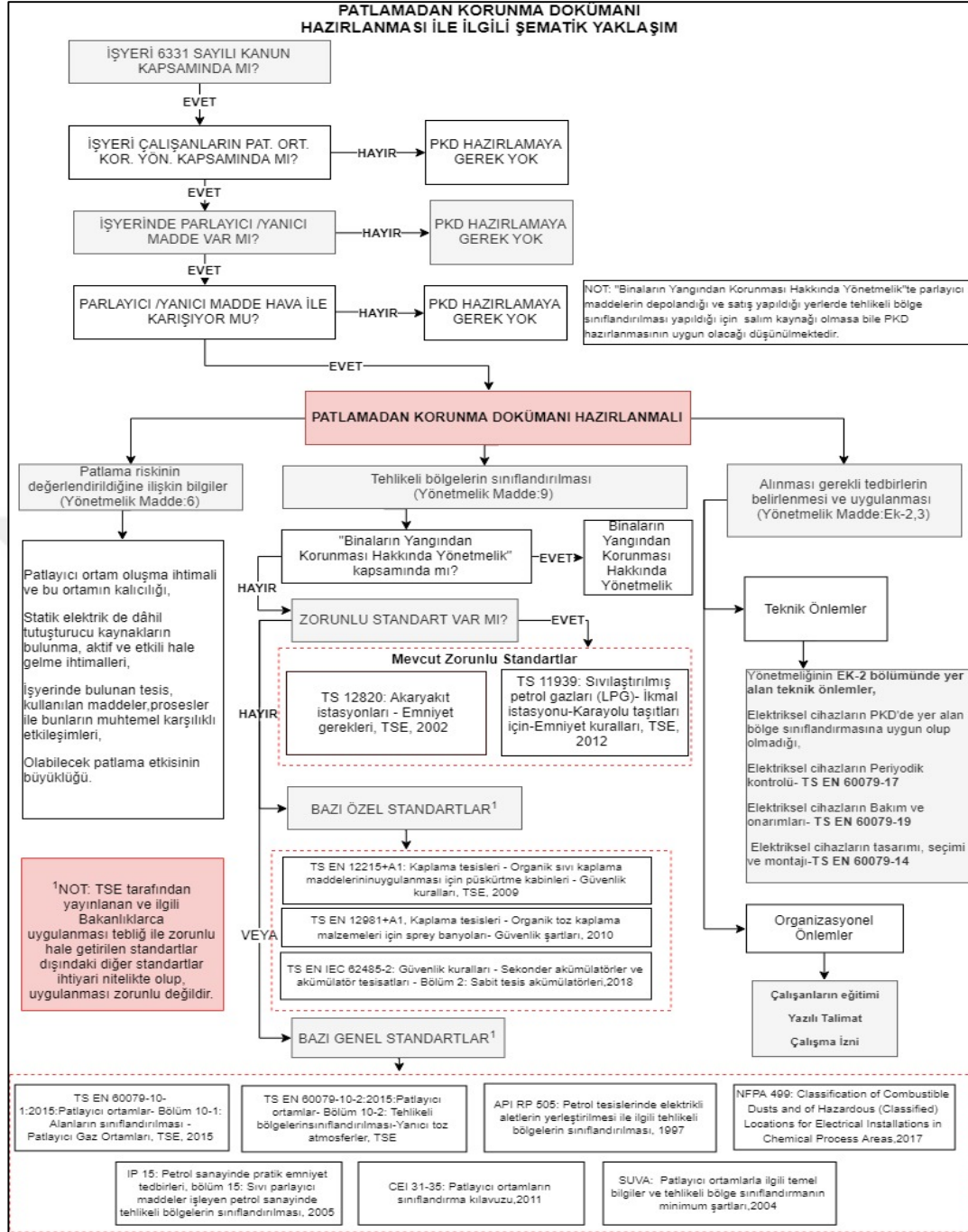
- Yapılan işlemlerin doğası gereği patlayıcı ortam oluşmasının önlenmesi mümkün değilse patlayıcı ortamın tutuşmasını önlemek,
- Çalışanların sağlık ve güvenliklerini sağlayacak şekilde patlamanın zararlı etkilerini azaltacak önlemleri almak [6].

Aynı maddenin son fıkrasında, yukarıda sıralanan tedbirlerin, gerektiğinde patlamanın yayılmasını önleyecek tedbirlerle birlikte alınması gerektiği belirtilmiştir ve alınan bu tedbirlerin düzenli aralıklarla ve işyerindeki önemli değişikliklerden sonra yeniden gözden geçirilmesi gerektiği belirtilmiştir [6].

Yönetmeliğin 6.maddesinde; patlayıcı ortam oluşma ihtimali bulunan işyerlerinde patlama riskinin değerlendirilmesi gerekliliği vurgulanmış ve patlayıcı ortam oluşturma ihtimali olan durumların değerlendirilerek riskin kontrol edilmesine yönelik tüm çalışmalar “PKD (Patlamadan Korunma Dokümanı)” çerçevesinde ele alınarak yapılması gerektiği belirtilmiştir.

İlgili yönetmelikte standartlara doğrudan bir atıf bulunmamasına karşın patlayıcı ortam değerlendirmesi sonucunda işyerlerinde patlama açısından güvenliğin sağlandığının kanıtlanmasının patlamadan korunma konusunda eğitim almış ve/veya deneyimli ehil kişilerce yapılması öngörülmüştür [6]. Söz konusu eğitimin ve deneyimin ise nasıl sağlanacağı hususu detaylandırılmamıştır.

Yönetmeliğin bütünü ele alınarak değerlendirildiğinde PKD'nin hazırlanmasına yönelik şematik yaklaşım Şekil 2.1'de verilmiştir.



Şekil 2.1.Patlamadan korunma dokümanı hazırlanması ile ilgili şematik yaklaşım

2.2.1. İstisnalar

Anılan yönetmelikte bazı proses ve işlemler yönetmelik kapsamı dışında tutulmuş olup söz konusu proses ve işlemlerin yapıldığı işyerlerinde PKD hazırlanmasına gerek bulunmadığı ifade edilmiştir. Yönetmelik kapsamı dışında tutulan işlemler aşağıda sunulmuştur:

a) Hastalara tıbbi tedavi uygulamak için ayrılan yerler ve tıbbi tedavi uygulanması: Örneğin hastaların tedavi edildiği odalarda oluşması muhtemel patlayıcı ortamlar yönetmelik kapsamında değil iken tıbbi tedavi uygulanan yerler dışında kalan laboratuvarlar, yanıcı sıvı ve gazların depolandığı mahaller yönetmelik kapsamındadır.

b) Gaz Yakan Cihazlara Dair Yönetmelik kapsamında yer alan cihazların kullanılması: Örneğin işyeri yemekhanesinde kullanılan ocak ve ocağa takılmak üzere tasarımı veya monte edildiğinde ocağı meydana getiren emniyet, kontrol ve ayarlama teçhizatı ve bunların kısmi montajları yönetmelik kapsamı dışındadır. Benzer şekilde işyerinin ısıtılması amacıyla kullanılan ve gaz yakan cihaz kapsamına giren sıcak su kazanı da yönetmelik kapsamı dışındadır. Ancak ocağa ve sıcak su kazanına gaz besleyen boru hattı üzerindeki basınç regülatörü, vana, flanş gibi olası sızıntı kaynaklarından meydana gelebilecek patlayıcı ortam yönetmelik kapsamı dâhilindedir.

c) Patlayıcı maddelerin ve kimyasal olarak kararsız halde bulunan maddelerin üretilmesi, işlemlerden geçmesi, kullanımı, depolanması ve nakledilmesi: Örneğin patlayıcı madde depoları yönetmelik kapsamına girmezken, patlayıcı ortam oluşturabilecek hammaddelerin, patlayıcı madde üretim prosesinde patlayıcı maddelerle birlikte kullanılması hali yönetmelik kapsamı içindedir.

d) Sondaj yöntemiyle maden çıkarma işleri ile yeraltı ve yerüstü maden çıkarma işleri: Maden çıkarma işleri dışında madenin yerüstünde çeşitli işlemlerden geçirilmesi, zenginleştirilmesi, başka bir forma dönüştürülmesi ve benzeri faaliyet sırasında patlayıcı ortam oluşma ihtimali olan haller yönetmelik kapsamı dâhilindedir.

e) Patlayıcı ortam oluşabilecek yerlerde kullanılan her türlü taşıma aracı hariç, uluslararası antlaşmaların ilgili hükümlerinin uygulandığı kara, hava ve su yolu taşıma araçlarının kullanılması: Örneğin Tehlikeli Maddelerin Karayoluyla Taşınması Hakkında Yönetmelik kapsamında kullanılan bir tanker kapsam dışında iken, işyerinde tehlikeli yer olarak sınıflandırılan mahallerde kullanılan forklift yönetmelik kapsamı dâhilindedir [6]

3. PATLAMA RİSKİNİN DEĞERLENDİRMESİ

Patlayıcı ortamdan kaynaklı patlama riskinin değerlendirilmesinde hazırlanan PKD’de patlama riskinin belirlendiği ve değerlendirildiği hususunun yer alması zorunludur. Bu kapsamda patlayıcı ortamın meydana gelme ihtimali ve oluşan bu ortamın kalıcılığı dikkate alınmalıdır. Şöyle ki; söz konusu patlayıcı ortamın oluşma ihtimali ve kalıcılık süresinin yönetmelikte yer alan “yanıcı/parlayıcı maddelerin bağımsız bir patlama meydana getirmeyeceklerinin yapılacak araştırmalarla kanıtlanması gerektiği” ifadesi dikkate alındığında bilimsel veriler ışığında analitik bir yöntemle yani hesaplamak suretiyle ortaya konulması gerektiği aşikârdır. Söz konusu hesaplamalar sonucunda anılan yönetmeliğin 9.maddesinin de öngördüğü şekilde patlayıcı ortam oluşabilecek alanların sınıflandırılarak patlama riskinin ortaya konulması gerekmektedir.

Her ne kadar söz konusu yönetmelikte tehlikeli bölge sınıflandırma tanımları yapılmış olsa da tehlikeli bölgelerin nasıl belirleneceğine ilişkin yol ve yöntem belirtilmemiştir. Yönetmeliğin 9. maddesinin uygulanmasında mevzuat hiyerarşisi esas olup, tehlikeli yerlerin sınıflandırılmasına özgü hükümler barındıran BYKHY (Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelik) ve uygulanması zorunlu standartlardan akaryakıt istasyonları için TS 12820 ve LPG (Sıvılaştırılmış Petrol Gazı) ikmal istasyonları için TS 11939 göz önünde bulundurulmalıdır.

Tehlikeli bölge sınıflandırması yapılacak yerler BYKHY’de belirtiliyorsa tehlikeli bölge sınıflandırması söz konusu yönetmelik hükümlerine göre yapılmalıdır. Akaryakıt ve LPG ikmal istasyonları için ise uygulanması zorunlu standartlar (TS 12820, TS 11939) mevcut olduğu için tehlikeli bölgelerin sınıflandırılmasında söz konusu standartların kullanılması gerekmektedir.

Yukarıda bahsedilen mevzuat hiyerarşisine dikkat edilerek tehlikeli bölge sınıflandırması; ulusal ve uluslararası standartlar, genel kabul görmüş bilimsel kaynaklar ve endüstriyel uygulama kodlarından yararlanılarak yapılabilir. Bu bağlamda; tehlikeli bölge sınıflandırmasında TS EN 60079-10-1:2015 Patlayıcı Ortamlar-Bölüm 10-1: Alanların Sınıflandırılması-Patlayıcı Gaz Ortamları

standardının kullanılması zorunlu değildir ancak söz konusu standartların yıllardır süregelen uygulama altyapısı bu standartların tercih edilmesinde önemli rol oynamaktadır.

3.1. Patlayıcı Ortam Oluşma İhtimalinin Belirlenmesi

Bu çalışmada patlayıcı ortam oluşma ihtimali ve kalıcılık süresi hesabında TS EN 60079-10-1:2015 standardı ve standardın öngördüğü kısıtlar dikkate alınarak standardın atıf yaptığı ulusal ülke standartlarından CEI 31-35 İtalyan standardı birlikte kullanılmış ve tehlikeli bölgeler sınıflandırılmıştır.

TS EN 60079-10-1:2015 standardında bulunmayan buhar basıncı yüksek sıvılar, boşalma süresinin bölge türüne etkisi, zemin pürüzlülüğü vb. hususlar için İtalya’da yürürlükte bulunan CEI 31-35 uygulama kılavuzu kullanılmıştır. Bu kılavuz bölge sınıflandırması yaparken genel, yaygın ve uygulanabilir bir yöntem sağlamaktadır. Hesaplamalarda kullanılan boşalma kaynakları, ilgili yanıcı kimyasallar ve diğer parametre bilgilerinde firma girdileri baz alınmıştır.

3.2. TS EN 60079-10-1:2015 Standardı

IEC (Uluslararası Elektroteknik Komisyonu) tarafından hazırlanan AB (Avrupa Birliği) standardizasyon kuruluşu CENELEC (Avrupa Elektroteknik Standardizasyon Komitesi) tarafından kabul edilen EN 60079-10-1 standardı, TSE (Türk Standartları Enstitüsü) tarafından esas alınarak 20.12.2015 tarihinde kabul edilmiş ve ülkemizde yayımlanmıştır.

Standart, alevlenebilir gaz veya buhar tehlikelerinin ortaya çıkabildiği alanların sınıflandırılmasını kapsar ve ayrıca tehlikeli alanlarda kullanılması amaçlanan donanımların uygun bir şekilde seçilmesi ve tesis edilmesine yardımcı olmak için bir temel doküman olarak kullanılabilir [7].

Bu standardın, havayla karışan alevlenebilir gaz veya buharın varlığı nedeniyle bir tutuşma tehlikesinin olabildiği yerlerde uygulanması amaçlanmıştır. Ancak;

- a) Grizu riskiyle karşı karşıya kalan maden ocakları,
- b) Patlayıcıların işlenmesi ve imalatı,

- c) Bu standart kapsamındaki olağan dışı durumlar kavramının ötesindeki yıkımsal arızalanmalar veya nadiren meydana gelen işlev bozuklukları,
- d) Tıbbi amaçlar için kullanılan odalar,
- e) Örneğin yemek pişirme, su ısıtma ve benzeri kullanımları olan cihazlarda sadece düşük basınçlı yakıt gazının kullanıldığı, tesisatın ilgili gaz yönetmelikleriyle uyumlu olduğu ticari ve endüstriyel uygulamalar,
- f) Mesken olarak kullanılan binalar
- g) Yanıcı tozların veya uçuşan yanıcı parçacıkların varlığı nedeniyle bir tehlike ortaya çıkabileceği ancak hibrid bir karışımın değerlendirilmesinde bazı prensiplerin kullanılabilmesi için uygulanmaz [7].

Standartın içeriğinde uygulamaya yönelik olarak atıf yapılmış endüstriyel yönetmelikler ve ulusal standartlar gibi normatif düzenlemelerin standardın genel kurallarına uygun olarak kullanılabilmesi belirtilmiştir [7].

3.2.1. Tanımlar

TS EN 60079-10-1:2015 Türk standardında patlayıcı ortama ilişkin bazı tanımlar aşağıdaki gibidir.

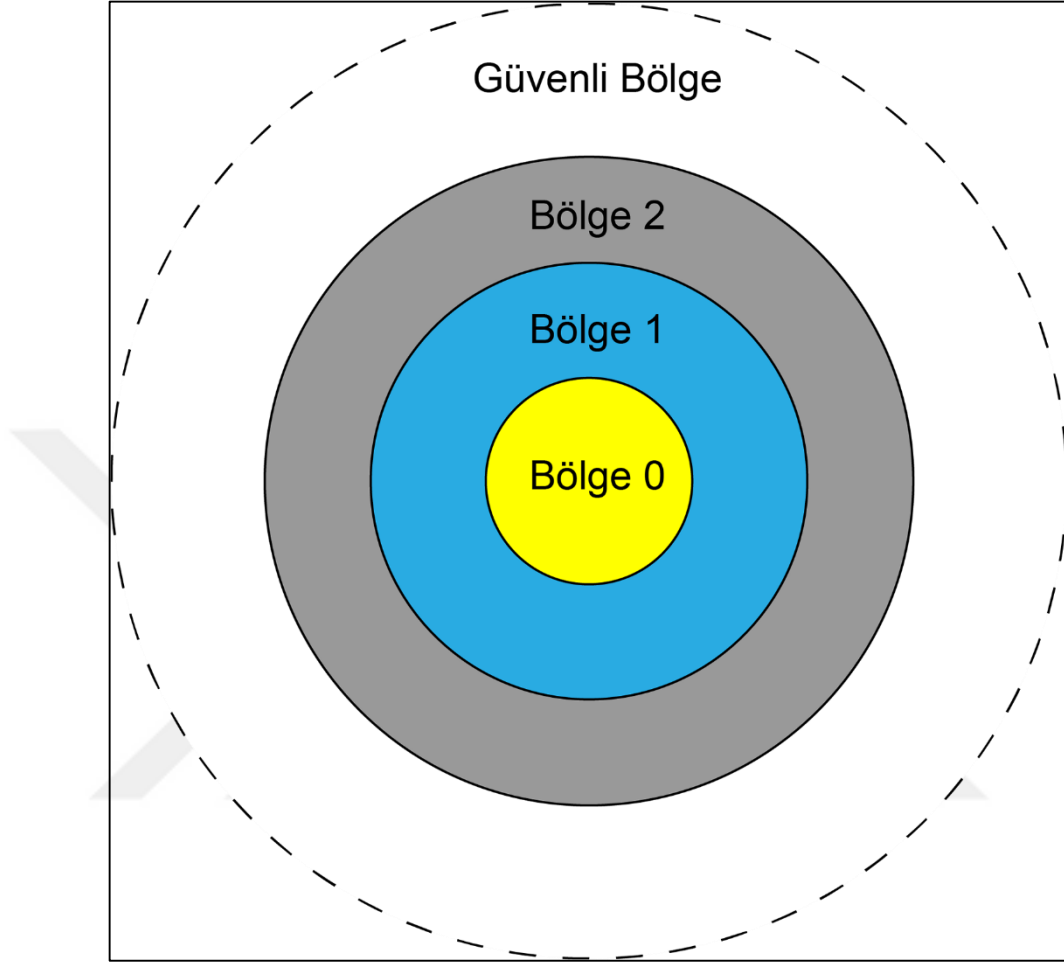
Patlayıcı Ortam: “Tutuşma sonucunda alevin kendiliğinden devam edecek şekilde yayılmasını sağlayan, gaz, buhar, toz, elyaf veya uçuşan parçacık şeklindeki alevlenebilir maddelerin atmosfer şartlarında hava ile karışımı”

Patlayıcı Gaz Ortamı: “Tutuşma akabinde kendi kendine devam edecek şekilde alevin yayılmasına olanak veren, gaz veya buhar şeklindeki alevlenebilir maddelerin atmosfer şartlarında hava ile karışımı”

Tehlikeli Alan: “Tutuşma sonrasında kendi kendine devam edecek şekilde alevin yayılmasına olanak veren, gaz veya buhar şeklindeki alevlenebilir maddelerin atmosfer şartlarında hava ile karışımı”

Tehlikeli Olmayan Alan: “Donanımın yapılış, tesis ve kullanımında özel tedbirlerin alınmasına ihtiyaç duyacak miktarlarda patlayıcı gaz ortamının bulunması beklenmeyen alan”

Bölgeler: “Patlayıcı ortamın oluş sıklığı ve süresine bağlı olarak yapılan tehlikeli alan sınıflandırması”



Şekil 3.1.Bölgelerin gösterimi

Bölge (Bölge) 0: Gaz, buhar ve sis halindeki patlayıcı maddelerin hava ile karışımından meydana gelen patlayıcı ortamın sürekli veya uzun süre ya da sık sık olduğu alanlar.

Bölge (Bölge) 1: Gaz, buhar ve sis halindeki patlayıcı maddelerin hava ile karışımından meydana gelen patlayıcı ortamın normal çalışma şartlarında ara sıra meydana gelme ihtimali olan alanlar.

Bölge (Bölge) 2: Gaz, buhar ve sis halindeki patlayıcı maddelerin hava ile karışarak normal çalışma şartlarında patlayıcı ortam oluşturma ihtimali olmayan alanlar ya da böyle bir ihtimal var olsa bile patlayıcı ortamın çok kısa bir süre için kalıcı olduğu alanlar.

Boşalma Dereceleri: Patlayıcı gaz ortamının meydana gelme sıklığı ve ihtimalinin üç temel boşalma derecesi azalan sırasına göre aşağıda listelenmiştir:

- a) Sürekli Boşalma Derecesi: Devamlı olması veya sık sık oluşması veya uzun sürelerle devam etmesi beklenen boşalmadır.
- b) Ana Boşalma Derecesi: Normal çalışma şartlarında periyodik olarak veya ara sıra oluşması beklenen boşalmadır.
- c) Tali (İkincil) Derece: Normal çalışma şartlarında oluşması beklenmeyen, oluşsa dahi seyrek ve kısa sürelerle oluşan yayılmadır.

Boşalma kaynağı yukarıdaki boşalma derecelerinden birine veya birden fazlasının birleşimine sahip olabilir.

Boşalma Hızı: Boşalma kaynağından birim zamanda ortaya çıkan yanıcı gaz veya buhar miktarıdır.

Havalandırma: Rüzgar, sıcaklık farkları veya vantilatör veya aspiratör gibi suni yollarla havanın hareket ederek yerini temiz havanın almasıdır.

LEL (Alt Patlayıcılık Sınırı): Atmosferdeki yanıcı gaz veya buhar konsantrasyonunun gaz ortamının patlamasına imkân vermediği alt sınırdır.

UEL (Üst Patlayıcılık Sınırı): Atmosferdeki yanıcı gaz veya buhar konsantrasyonunun gaz ortamının patlamasına imkân vermediği üst sınırdır.

Parlama Noktası: Belirli standart koşullar altında bir sıvının alevlenebilir buhar/hava karışımı oluşturacak miktarda buhar saldığı en düşük sıvı sıcaklığıdır.

Kaynama Noktası: 1013 mbar (101,3 kPa) ortam basıncında kaynayan bir sıvının sıcaklığıdır.

Bir Gazın veya Buharın Bağlı Yoğunluğu: Aynı basınç ve sıcaklıktaki havanın yoğunluğuna göre gazın veya buharın sahip olduğu yoğunluktur. (Havanın değeri 1'e eşittir.)

Yanıcı Madde: Kendisinin yanma özelliği olan veya yanabilir gaz, buhar veya buğu çıkarabilen maddedir.

Yanıcı Sıvı: Öngörülebilecek çalışma şartlarında yanabilir buhar çıkarabilen maddedir.

Yanıcı Gaz veya Buhar: Hava ile belli oranda karıştığı zaman patlayıcı gaz ortamı oluşturan gaz veya buhardır.

Patlamadan Korunma Dokümanı: Çalışanların Patlayıcı Ortamların Tehlikelerinden Korunması Hakkında Yönetmeliğim 10 uncu maddesi uyarınca, hazırlanması gereken doküman "Patlamadan Korunma Dokümanı" olarak belirtilmiştir, bu belgede özellikle;

- a) Patlama riskinin belirlendiği ve değerlendirildiği,
- b) Bu Yönetmelikte belirlenen yükümlülüklerin yerine getirilmesi için alınacak önlemler,
- c) İşyerinde Ek-I'e göre sınıflandırılmış yerler,
- d) Ek-II'de verilen asgari gereklerin uygulanacağı yerler,
- e) Çalışma yerleri ile uyarı cihazları da dahil iş ekipmanının tasarımı, işletilmesi, kontrol ve bakımının güvenlik kurallarına uygun olarak sağlandığı,
- f) İşyerinde kullanılan tüm ekipmanın "İş Ekipmanlarının Kullanımında Sağlık ve Güvenlik Şartları Yönetmeliği"ne uygun olduğu, hususları yazılı olarak yer alacaktır.

Yine aynı yönetmelikte patlamadan korunma dokümanının, işe başlamadan önce hazırlanması ve işyerinde, iş ekipmanında veya iş organizasyonunda önemli bir değişiklik, genişleme veya tadilat yapılması hallerinde tekrar gözden geçirilerek güncellenmesi gerektiği hüküm altına alınmıştır.

3.2.2. Standardın kısıtları ve uygulanamayacağı durumlar

3.2.2.1. Alevlenebilir sisler

Parlama noktasının yüksek olması sebebiyle tehlikeli olduğu kabul edilmeyen sıvılar basınç altında salınım yaptıklarında alevlenebilir sisler ortaya çıkarabilirler. Bu koşullarda söz konusu standartta verilen kurallar uygulanmaz [7].

Parlama noktasının altında salım yapan sıvılar bazı koşullarda alevlenebilir sis bulutu meydana getirebilirler. Proses sıcaklıklarında tehlikeli olmadığı varsayılan sıvılar bile bazı anlarda patlama tehlikesine yol açabilen alevlenebilir sis oluşturabilir. Bu

kapsamda genel olarak dikkate alınan sıvılara yüksek parlama noktasına sahip sıvı yakıtlar, ısı değiştirme yağları ve yağlama yağları örnek olarak gösterilebilir [7]. Bu konu ile ilgili ayrıntılı olarak RR980 Generation of flammable mists from high flashpoint fluids: Literature review kılavuzunda açıklanmıştır [8].

Sıvıların kontrol altında püskürtüldüğü durumlar (örneğin püskürtmeli boyama) için ilave değerlendirmeler yapılmalıdır. Bu gibi durumlar için bölge sınıflandırması alan çoğunlukla özel endüstriyel yönetmeliklerin konusunu oluşturmaktadır. Bu konu ayrıntılı olarak TS 12215, NFPA 33, NFPA 499 standartlarında açıklanmıştır.

3.2.2.2. Aerosollar

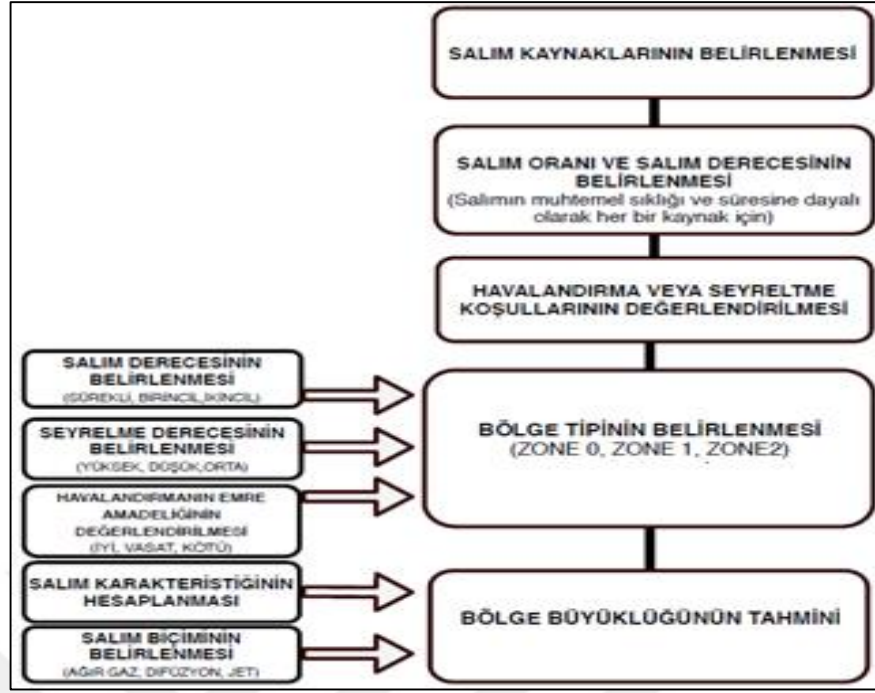
Bir aerosol bir gaz olmamakla birlikte havada asılı küçük sıvı damlacıklarından oluşur. Damlacıklar, bazı termodinamik koşullar altındaki buhar ya da gazlardan ya da basınçlı sıvıların flaş buharlaşmasıyla oluşur. Genellikle toplam salımın yalnızca küçük bir oranı olmasına rağmen aerosol büyüklüğündeki damlacıkların, sis bulutunun en kolay tutuşabilir bölümü olduğu kanıtlanmıştır. Bu konu ayrıntılı olarak RR980 Generation of flammable mists from high flashpoint fluids: Literature review kılavuzunda açıklanmıştır [8].

3.2.2.3. Hibrid karışımlar

Hibrid bir karışım, alevlenebilir bir gaz veya buhar ile havada asılı yanıcı toz veya yanıcı parçacıkların birleşimli bir karışımıdır. Bu hibrid karışım, münferit olarak gaz, buhar veya tozdan farklı şekilde davranabilir. Endüstride karşılaşılabilecek durumların sayısı oldukça değişkendir ve bu nedenle belirli bir kılavuz bilgi sağlamak kolay değildir. Standart, hibrid karışımlar bulunduğunda dikkate alınması gereken konular hakkında sadece kılavuz bilgiler sağlamaktadır. Bu konu ayrıntılı olarak IEC 60079-10-2 standardında açıklanmıştır [9].

3.2.3. Alan sınıflandırması yöntemi

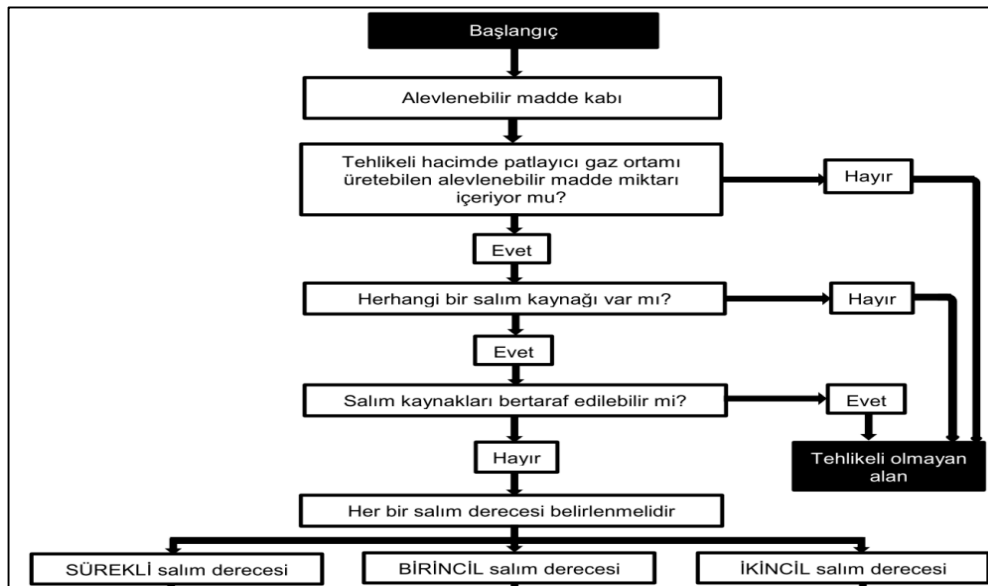
Bu tez çalışmasında ilgili standartta yer alan dört sınıflandırma metodolojisinden salım kaynakları metoduna göre sınıflandırma yöntemi kullanılmış olup söz konusu yöntem Şekil 3.2' de belirtildiği şekilde özetlenebilir:



Şekil 3.2. Salım kaynakları metoduna göre sınıflandırma yöntemi

Tehlikeli bölgelerin sınıflandırmasına ilişkin şematik yaklaşım Şekil 3.3’de gösterilmiştir. Bu yaklaşım çerçevesinde bir boşalma kaynağının birden fazla boşalma derecesi ortaya çıkarabileceğine ve bunların birleşimine yol açabileceğine dikkat edilmelidir [7].

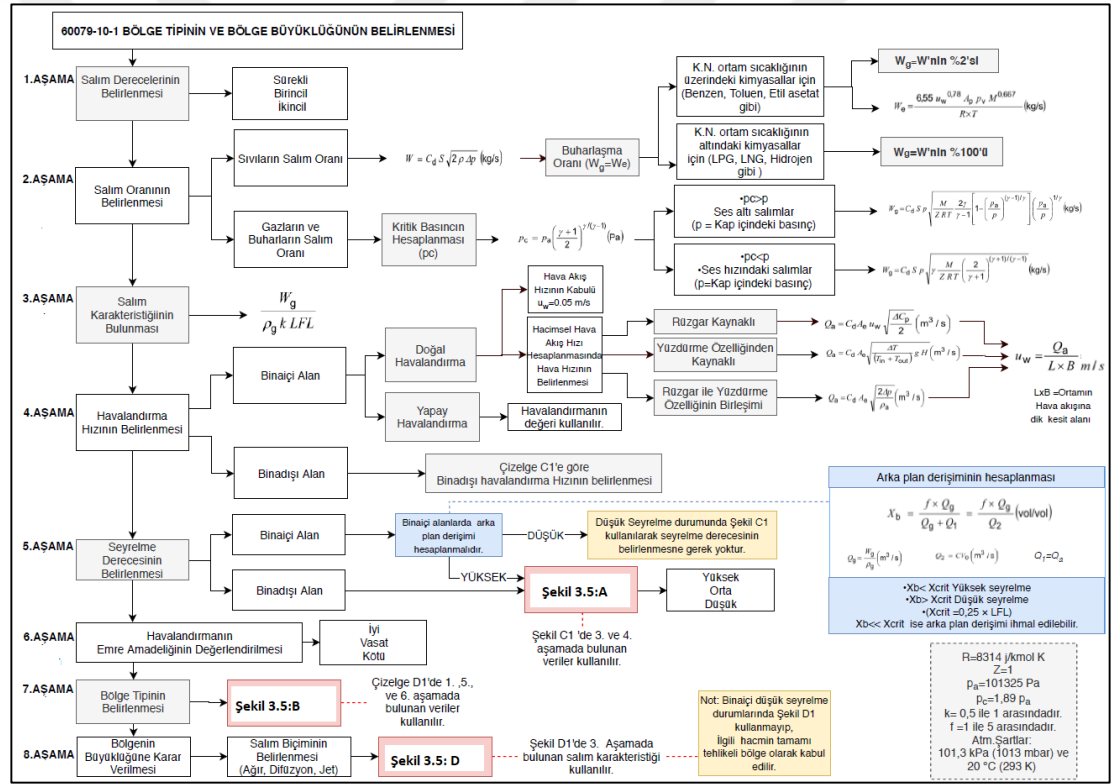
Söz konusu standart baz alınarak bölge tipinin ve büyüklüğünün belirlenmesi için Şekil 3.4’te belirtilen şematik yaklaşım uygulanabilir.



Şekil 3.3.Tehlikeli alanların sınıflandırılmasıyla ilgili şematik yaklaşım [7]

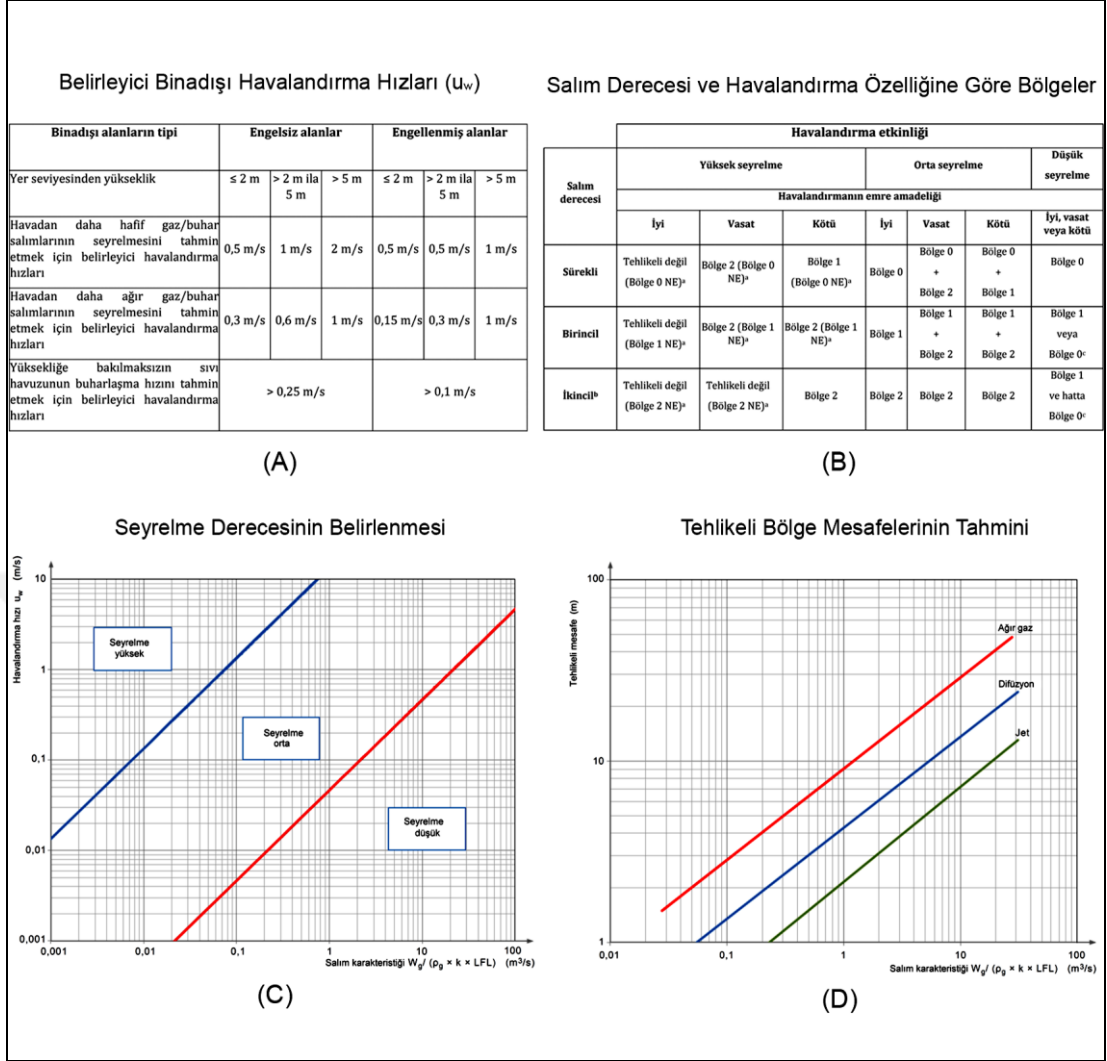
60079-10 standardına göre bölge tipinin ve büyüklüğünün belirlenmesinin aşamaları temelde sırasıyla salımların derecelerinin, oranlarının, karakteristiklerinin belirlenmesi daha sonra havalandırma hızının ve buna bağlı olarak seyrelme derecesinin belirlenmesini ve havalandırmanın emre amadeliliğinin değerlendirilerek nihayetinde bölge tipine ve büyüklüğüne karar verilmesi ile sonuçlanmaktadır [7].

Standart seyrelme derecesinin belirlenmesin de bina dışı Şekil 3.5(B) yönlendirirken bina içi alanlarda arka plan derişiminin hesaplanmasına yönlendirmiştir. Havalandırma hızının tayininde yine bina dışı alanlarda Şekil 3.5(A) yönlendirme yapılırken bina içi alanlarda ise doğal ve yapay havalandırma durumuna göre hesaplama veya havalandırmanın mevcut değerinin kullanılmasını öngörmüştür [7].



Şekil 3.4. 60079-10-1:2015 standardına göre bölge tipinin ve bölge büyüklüğünün belirlenmesi için şematik yaklaşım

Yukarıdaki şematik yaklaşıma göre bina içi alanlarda arka plan derişimi hesabında Şekil 3.5(A) ve 3 ve 4. aşamalarda bulunan veriler, bölge tipinin belirlenmesinde Şekil 3.5(B) ve salım biçiminin belirlenmesinde Şekil 3.5(D) kullanılır. Seyrelme derecesinin tayininde ise Şekil 3.5(C) kullanılır.



Şekil 3.5. Bölge tipinin ve bölge büyüklüğünün belirlenmesi kullanılan bilgiler a)Belirleyici binadışı havalandırma hızları, b)Salım derecesi ve havalandırmanın etkinliğine karşılık gelen bölgeler, c)Seyrelme derecesinin değerlendirilmesi, d)Tehlikeli alan mesafelerinin tahmini

3.3. Sıvı, Buhar ve Gazların Sınıflandırılması

Patlama riskinin değerlendirmesinde kullanılan kimyasal maddelerin fiziksel, kimyasal ve fizikokimyasal özelliklerine ilişkin bilgilerin toplanması önem teşkil etmektedir. Şöyle ki, bu bilgiler ışığında kimyasal maddeler sınıflandırılarak patlayıcı ortam oluşturabilme kabiliyetleri değerlendirilmelidir.

Sınıflandırmaya ilişkin TS 12820-Akaryakıt istasyonları - Emniyet gerekleri başlıklı standartta; parlama noktası 37,8 °C ve bundan daha yüksek olan sıvılar yanıcı sıvı, parlama noktası 37,8 °C ve bunun altında olan sıvılar ise parlayıcı sıvı olarak tanımlanmıştır. Yalnız parlayıcı sıvı tanımında “buhar basıncı 276 kPa (2068 mmHg) ve üzerinde olan” ilave açıklaması da yer almaktadır. Buhar basıncı oluşan buharın yayılma kabiliyetini göstermektedir [10].

Sıvılar sahip oldukları parlama noktalarına (flash point) göre tehlike sınıflarına ayrılmaktadır. Yanıcı ve parlayıcı sıvılara ilişkin öngörülen riskler, yanan ya da patlayanın temel olarak sıvı değil de parlama derecesi üzerindeki sıcaklıklara maruz kalmış sıvının ortama yaydığı yanıcı buharlara göre belirlenmektedir. Bu sebeple yanıcı ve parlayıcı sıvılar tehlike sınıflarına ayrılmasında parlama noktaları esas alınır. Bu sınıflandırmalar NFPA'nin (Amerikan Ulusal Yangınla Mücadele Derneği) 30 numaralı standardına göre yapılmaktadır ve Dünya'da da bu uygulama hâkimdir [10].

BYKHY'da yer alan sınıflandırma da NFPA 30'dan alınmıştır. Yanıcı ve parlayıcı sıvıların söz konusu standarda göre tehlike sınıfları Tablo 3.1' deki gibi verilmiştir [11]:

Tablo 3.1. Yanıcı ve parlayıcı sıvılara ilişkin tehlike sınıflandırılması

Sınıf	Parlama Noktası	Kaynama Noktası
Parlayıcı Sıvılar (Sınıf I)		
I A	< 22,8 °C	< 37,8 °C
I B	< 22,8 °C	> 37,8 °C
I C	> 22,8 °C ve < 37,8 °C	Tüm Kaynama Noktaları
Yanıcı Sıvılar		
II	> 37,8 °C ve < 60 °C	-
III A	> 60,0 °C ve < 93 °C	-
III B	> 93 °C	-

3.4. TS EN 60079-10-1:2015 ve CEI-31-35 İtalyan Metodolojisi

Bu çalışmada, bölge tipi ve büyüklüğünün tayininde TS EN 60079 standardı CEI 31-35 uygulama kılavuzu birlikte kullanılmıştır.

Yanıcı gaz veya buharın tehlikeli konsantrasyonlarda bulunabileceği alanlarda patlama riskini azaltmak amacıyla koruyucu tedbirler alınması gerekmektedir. Bu standart tutuşma riskinin değerlendirmesinde kullanılacak kuralları belirler ve bu riskin azaltılması için kullanılacak tasarım ve kontrol parametreleri ile ilgili kılavuzluk bilgilerini verir. Tehlikeli bölgelerin sınıflandırılmasının amacı, farklı derecelerde/olasılıklarda risk barındıran farklı bölgeleri, her bir bölgede kullanılacak olan uygun elektriksel ekipmanın seçimi ve kurulumunu sağlamak için birbirinden ayırmaktır. EN 60079-10 numaralı Avrupa Normu tarafından ortaya atılan sınıflandırma yöntemi, mutlak patlayıcı ortam hacimlerinin oluşma olasılıklarına bağlı analitik bir çalışmaya dayandırılmaktadır. Bu sistemde hesaplanacak en önemli faktör delik büyüklüğüdür. Bu, yanıcı madde boşalma hızını ve böylece nihayetinde kuşak tipini ve kuşak yayılma alanını belirler [7].

İtalya'da, ortamda yanabilen gazların yer aldığı tehlikeli alanların sınıflandırılmasını sağlamak ve ATEX (Patlayıcı Atmosfer) Direktifinin gereksinimlerinin uygulanmasına yardımcı olabilmek için iki adet kılavuz yayınlanmıştır. Bunlar;

- 1- CEI 31-35 Kılavuzu: Patlayıcı ortamlarda kullanılan elektriksel ekipmanlar- CEI EN 60079-10 Normu (CEI 31-30) uygulama kılavuzu
- 2- CEI 31-35/A Kılavuzu: Patlayıcı ortamlarda kullanılan elektriksel ekipmanlar- CEI EN 60079-10 Normu (CEI 31-30) uygulama kılavuzu. Tehlikeli bölgelerin sınıflandırılması, uygulama örnekleri.

Bu iki kılavuz, tehlikeli bölgenin türünün ve oluşacak bölgenin boyutlarının belirlenmesindeki hassas noktaları vermektedirler [12].

3.4.1. Boşalma çeşitleri

Yanıcı maddeler fazlarına ve boşalım hızlarına bağlı olarak, buldukları kapalı sistemden boşalabilirler.

- a. Faz koşullar
 - Gaz ya da buhar (tek faz)
 - Boşalma sırasında buharlaşmanın ihmal edildiği sıvılar (tek faz)
 - Boşalma sırasında buharlaşan sıvı veya sıvılaştırılmış gaz
- b. Boşalma hızları ve buna bağlı başlangıç miktarı
 - Düşük
 - Yüksek

Boşalan gaz veya buhar hava içerisinde dağılmaya eğilimlidir. Parçacıklar havadaki mümkün olan tüm boşlukları dolduruncaya kadar hareket etmektedir [12].

Düşük hızdaki gaz veya buhar boşalmaları duman bulutu oluşturmaktadır. Parçacıklar kısmi (havaya göre) hızlarına göre boşalma kaynağından uzaklaşmaktadırlar. Bu olay havadaki difüzyon veya türbülanslı seyrelmesi ile gerçekleşmektedir. Oluşan duman bulutu rüzgara göre yönlenebilir. Rüzgar olmaması durumunda, gaz veya buharın kısmi (havaya göre) yoğunluğuna göre yükselmekte veya alçalmaktadır [12].

Yüksek hızdaki gaz veya buhar boşalmaları jet (fişkırtma) oluşturmaktadır. Jet, momentum transferi (kütle hız) ile seyrelmenin olduğu bir hava ortamı oluşturmaktadır. Başlangıçta havaya göre dominant olan jetin boşalma yönünde konik bir şekle sahip olduğu farz edilmektedir. Boşalma kaynağından uzaklaştıkça gazın veya buharın hızı azalmaktadır [12].

Jetin yönü, havanın yönünden etkilenmektedir. Bu durumda, potansiyel patlayıcı ortamın büyüklüğü genellikle havanın hızından bağımsızdır. Buna ek olarak; jet, hızını kaybettiği zaman, gaz veya buharın havadaki yoğunluğu düşük bir konsantrasyona sahiptir [12].

Jet formunda boşalan gazların seyrelmesi, kısmi yoğunluklarına ve çıkış hızlarına bağlıdır. Örneğin; çıkış akış hızları, eşit havadan hafif olan gaz boşalımı havadan ağır olan gaz boşalımına göre LEL değerinin altına düşmek için genellikle daha uzun bir yola sahiptir [12].

Ayrıca, jet formunda boşalan gazların seyrelmesi boşalma kaynağının geometrisine (dairesel, düz veya radyal delik) bağlıdır. Eşit hızlardaki akış için, yassı delikler (yarık,

çatlak) dairesel deliklere göre, LEL değerinin altına düşmek için genellikle daha uzun bir yola sahiptir [12].

Boşalan yanıcı sıvılar, karakteristik yapılarına ve ortam ile kapalı sistem arasındaki basınç ve sıcaklık farkına bağlı olarak buharlaşmaktadır [12].

Kaynama sıcaklığından daha düşük bir sıcaklıkta boşalan bir sıvının buharlaşma hızı düşüktür. Sıvının çökerek yerde oluşturduğu göletten (puddle) buharlaşma meydana gelir [12].

Eğer kapalı bir sistemde basınç altında veya çıkış sıcaklığı kaynama sıcaklığının üstünde olan bir sıvı bulunuyorsa, boşalma noktasındaki sıvı kısmi veya toplam buharlaşma ile ani parlamaya uğramaktadır.

Boşalmada buharlaşmayan veya atomize olmayan sıvının bir kısmı, buharlaşmanın meydana geleceği bir gölcük oluşturmaktadır. Kapalı bir sistemden sıvı çıkış hızının düşük olduğu veya boşalma kaynağı korunduğu zaman, boşalma noktasının altında bir gölet oluşmaktadır. Çıkış hızının yüksek (iç basıncı yüksek) olduğu ve boşalma kaynağının korunmadığı zaman, püskürtülen sıvı yerle temas etmeden önce belli bir mesafe almaktadır ve daha sonrasında gölet oluşturmaktadır. Bu durumlarda, göletin çevresinde tehlikeli alan büyüklüğünün (bölge) tanımlanması gerekmektedir [12].

Eğer sıvı tutuşma (kendiliğinden tutuşma) sıcaklığının üzerinde çıkıyorsa, atmosfer ile temas ettiğinde kendiliğinden tutuşarak patlama tehlikesinden ziyade yangına sebep olur (örneğin, bazı ısıyı ileten yağların yüksek sıcaklıklarda ısıtılması). Yüksek hızlarda sıvıların boşalmaları, oluşan yüksek türbülans nedeniyle atomize olarak jetleri oluşturmaktadır [12].

Yüksek türbülans sprey yada buharın tutuşmasına neden olan elektrostatik yükler oluşturmaktadır. Bu yükler, ortamdaki safsızlıklara ve elektrik iletkenliğine bağlıdır.

Boşalım çeşitleri aşağıda Tablo 3.2'de gösterilmektedir [12].

Tablo 3.2. Boşalma çeşitleri

Boşalan Akış	Boşalma Çeşitleri	
	Boşalım Hızı ve Göreceli Hareket	Yayılm Çeşidi
Gaz veya buhar	Yüksek	Hava ile kendiliğinden karışabilen jet
	Düşük	Gaz veya buhar bulutu
Boşalma sırasında buharlaşmayan sıvılar	Yüksek	Boşalma noktasından ayrılan jet, belli bir mesafe aldıktan sonra yavaş buharlaşmanın gerçekleştiği bir havuz oluşturur.
	Düşük	Yerde birikerek buharlaşmanın gerçekleştiği bir havuz oluşturur.
Boşalma sırasında buharlaşabilen sıvılar	Yüksek	Boşalma noktasında kısmen veya tamamen buharlaşabilen jetin oluşturduğu sis yere ulaşmadan buharlaşır.
	Düşük	Yere ulaşarak hızlıca buharlaşmanın meydana geldiği bir gölet oluşturur.

Ortamdan salınan gazın seyrelmesi ve LEL'e ulaşmasını engellemek için Şekil 3.6'da gösterilen CEI 31-35 uygulama kılavuzundan "Kapalı Alan Havalandırma Durumuna Göre Gaz Yayılm Modeli" kullanılmıştır. Bu modelde kimyasalın havayla bağlı yoğunluğu dikkate alınmıştır. Kimyasalın özelliğine göre örneğin kimyasalın havadan ağır olması durumunda tabanda birikme yapacağı dikkate alınmalı ve havalandırma sistemi tabanı süpürecek şekilde dikkate alınmalıdır [12].

Kapalı Alan Havalandırma Durumuna Göre Gaz Yayılım Modeli							
Boşalmanın Durumu	Havanın Yönü	Gaz Yoğunluğu > 1.2		Gaz Yoğunluğu < 0.8		Gaz Yoğunluğu 0.8 İla 1.2 Aralığında İse	
Yukarı Doğru ↑	Yok						
	→						
Aşağı Doğru ↓	Yok						
	→						
Yatay →	Yok						
	→						
	←						

Şekil 3.6. Gaz veya buharın hava içinde dağılışına ilişkin örnekler [12]

3.4.2. Havalandırma

Ortamdaki havalandırma doğal veya yapay olabilir.

3.4.2.1. Doğal havalandırma

Doğal havalandırma rüzgar veya sıcaklık farkından (baca etkisi-stack effect) etkilenen hava hareketidir [12].

Rüzgâr etkisi aşağıdaki şekilde açıklanabilir:

Kapalı ortamlarda bulunan açıklıkların engellenmemiş olması durumunda, dış ortamdaki havalandırma hava girişinden itibaren yaklaşık 10 m'ye kadar etkili olmaktadır [12].

Açıklıkların engellenmesi durumunda dıştaki havalandırma hava girişinden itibaren yaklaşık 3 m'ye kadar etkili olmaktadır ve burada ölçülen hız 0,05-0,1 m/s arasında değişmektedir [12].

Rüzgâr etkili doğal havalandırma Q_{aw} hesaplarında A_3 ve A_4 açıklıklarının karşılarında A_1 ve A_2 açıkları bulunmalıdır ve başka yerdeki açıklıklar önemsenmemelidir. Bu açıklıkları belirlerken rüzgârın yönü önemlidir [12].

A alanlı tek havalandırma açıklığına sahip rüzgâr etkili doğal havalandırma debisinin hesaplanması Q_{aw} Eşitlik (3.1) ile hesaplanmaktadır [12];

$$Q_{aw} = 0,025 \cdot A \cdot w_a \quad (3.1)$$

A_1 aşağıda A_2 alanlı tek havalandırma açıklığına sahip rüzgâr etkili doğal havalandırma debisinin hesaplanması Q_{aw} Eşitlik (3.2) ile hesaplanmaktadır [12];

$$Q_{aw} = 0,025 \cdot (A_1 + A_2) \cdot w_a \quad (3.2)$$

A_1 ve A_3 aşağıda A_2 ve A_4 alanlı, A_1 ile A_2 ve A_3 ile A_4 karşılıklı olduğunda, rüzgâr etkili doğal havalandırma debisinin hesaplanması Q_{aw} Eşitlik (3.3) ile hesaplanmaktadır [12];

$$Q_{aw} = c_s \cdot A_{aw} \cdot w_a \cdot (\Delta c_p)^{0,5} \quad (3.3)$$

Burada:

$$c_s = 0,65$$

$\Delta c_p = 0,9$ mevcut rüzgâr yönü geçitlere dik ve perdelenmenin olmadığına,
 $= 0,4$ mevcut rüzgâr yönü geçitlerle 45° açı yaptığına perdelenmenin olmadığına ya da mevcut rüzgâr yönü geçitlere dik ve kısmi perdelenme olduğunda,

$= 0,2$ mevcut rüzgâr yönü geçitlerle 45° den daha küçük açı yaptığına, perdelenmediğinde veya kısmi perdelenmediğinde,

$= 0,1$ geçitler başka cisimlerle veya engellerle kapalı olduğunda, A_{aw} değeri

Eşitlik 3.4 ile hesaplanabilmektedir;

$$\frac{1}{A_{aw}^2} = \frac{1}{(A1+A2)^2} + \frac{1}{(A3+A4)^2} \quad (3.4)$$

Baca etkisi aşağıdaki şekilde açıklanabilir:

Açık ve kapalı ortamlardaki sıcaklık farkı hava yoğunluğunun farklılaşmasına neden olur. Bu durum ağır havanın aşağıya doğru, hafif havanın ise yukarıya doğru hareket etmesiyle merkezin nötr hale gelmesini sağlar. Ortamda baca etkisinin olabilmesi için iç ortam ile dış ortam arasındaki sıcaklık farkının en az 2-3 K olması gerekmektedir. A alanında tek havalandırma açıklığı bulunan baca etkili havalandırma debisi Q_{at} aşağıdaki Eşitlik 3.5 ile hesaplanmaktadır [12];

$$Q_{at} = C_s \cdot \frac{A}{3} \left[\frac{(T_{ai} - T_{ae}) \cdot g \cdot L}{T_{aie}} \right]^{0,5} \quad (3.5)$$

Burada;

$$c_s = 0,65$$

A_1 aşağısında A_2 alanında tek havalandırma açıklığı bulunan baca etkili havalandırma debisi Q_{at} aşağıdaki Eşitlik (3.6) ile hesaplanmaktadır;

$$Q_{at} = C_s \cdot (A1+A2) \cdot \left\{ \frac{\frac{A_1 \cdot 2^{0,5}}{A_2} \left[\frac{(T_{ai} - T_{ae}) \cdot g \cdot L}{T_{aie}} \right]^{0,5}}{\left[1 + \left(\frac{A_1}{A_2} \right) \right] \left[1 + \left(\frac{A_1}{A_2} \right)^2 \right]^{0,5}} \right\} \quad (3.6)$$

Burada;

$$c_s = 0,65$$

Yukarıda A_1 ve A_3 ile aşağıda A_2 ve A_4 alanlarında havalandırma açıklığı bulunan baca etkili havalandırma debisi Q_{at} aşağıdaki Eşitlik (3.7) ile hesaplanmaktadır;

$$Q_{at} = C_s \cdot A_{at} \left[\frac{2(T_{ai} - T_{ae}) \cdot g \cdot L}{T_{aie}} \right]^{0,5} \quad (3.7)$$

Burada;

$$c_s = 0,65$$

A_{at} aşağıdaki Eşitlik (3.8)' den yararlanılarak hesaplanır;

$$\frac{1}{A_{at}^2} = \frac{1}{(A_1+A_3)^2} + \frac{1}{(A_2+A_4)^2} \quad (3.8)$$

Havalandırma debisi Q_a :

Rüzgâr etkili havalandırma olduğunda $Q_a = Q_{aw}$

Baca etkili (sıcaklık farkı) havalandırma olduğunda $Q_a = Q_{at}$

Her iki etkinin de olduğu durumda havalandırma hızı Q_a , Q_{at} ile Q_{aw} arasında en yüksek olan değer kullanılır [12].

3.4.2.2. Yapay havalandırma

Yapay havalandırma genel veya lokal olarak bulunmaktadır.

Genel: Doğal havalandırmayı arttırmak için kapalı bir alanın tamamına (örneğin; duvar veya tavana monteli fanlar) veya özel açık bir alana uygulanmaktadır [12].

Lokal: Özellikle ana veya tali boşalma derecesi oluşturabilecek boşalma kaynaklarının her birine veya gruplarına hava emiş sistemi ile uygulanmaktadır [12].

3.4.2.3. Açık ortamlar

Açık ortamlar, dışarıdaki herhangi bir yapının, boşalan gaz, buhar veya sisin havada seyrelmesine bir engel oluşturmadığı ortamlardır [12].

Açık ortamlar aynı zamanda duvarlar veya perdelerle havanın hareketini ihmal edilebilecek şekilde sınırlamış alanları da kapsamaktadır [12].

Açık alanların standarttaki ortam şartları:

-101 325 Pa (1013 mbar)

-20 °C (293 K)

Boşalan gazın havadan hafif veya ağır olması, önünde engel bulundurup bulundurmamasına ve boşalma kaynağının yerden yüksekliğine göre uygulanacak hava hızı farklılık göstermektedir. Boşalmanın ardından uygun havalandırmaya sahip

havaya göre hafif olan gazlar yukarıya doğru yükselme eğilimi göstermektedir. Bu gazlar için etkili havalandırma hızının en az 0,5 m/s olduğu varsayılmaktadır [12].

Ancak, boşalmanın ardından havaya göre ağır olan gazlar yer seviyesinde birikme eğilimi göstermektedir. Bu durumda, düşen etkili havalandırma hızı dikkate alınmalıdır. Gaz molekül ağırlığından veya düşük sıcaklıktan dolayı ağırlaşmış olabilir [12].

Tablo 3.3’de açık ortamdaki havalandırma hızlarını tanımlamak için uygulanabilir yaklaşımlar örneklendirilmiştir.

Tablo 3.3. Açık ortamlardaki havalandırma hızları [7]

Alanlar	Engellenmemiş Alanlar			Engellenmiş Alanlar		
	≤ 2m	2 m < s < 5m	> 5m	≤ 2m	2 m < s < 5m	> 5m
Yer seviyesinden yüksekliği						
Havadan hafif gaz/buhar boşalmaları	0,5 m/s	1 m/s	2 m/s	0,5 m/s	0,5 m/s	1 m/s
Havadan ağır gaz veya buhar boşalmaları	0,3 m/s	0,6 m/s	1 m/s	0,15 m/s	0,3 m/s	1 m/s
Kapalı alanlarda minimum hava hızı 0,05 m/s olarak alınmalıdır. İçeriye veya dışarıya doğru olan açıklıklar ile hava hızı değişebilmektedir.						

3.4.2.4. Kapalı ortamlar

Kapalı ortamların çevresel şartlarının tanımlanmasında; açık ortamı çevreleyen çevresel şartlara, açıklıkların görünüş ile istenmeyen açıkları (farklı duvar kısımları arasındaki boşluklar, çatılar ve demirbaşlar vb.) da içeren yerleşime, içerideki ve dışarıdaki sıcaklık farklarına, istatistiksel ve enstrümantal araştırmalara, spesifik kurallara, teknik literatür veya uzman değerlendirmelerine dikkat edilmesi gerekmektedir [12].

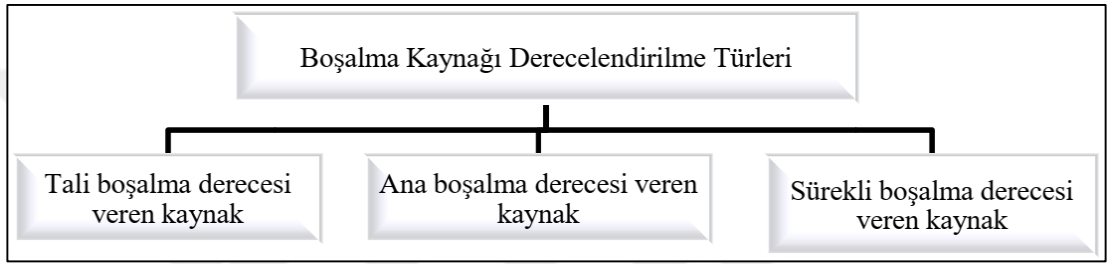
3.4.3. Boşalma kaynakları ve boşalma dereceleri

Boşalma kaynaklarının tespiti ve boşalma derecelerinin belirlenmesi tehlikeli bölge (Bölge) tiplerini belirlemenin temel unsurlarıdır [12].

Sadece yanıcı gaz veya buharın hava ile birlikte mevcut olması halinde patlayıcı gaz ortamı oluşabileceği için, bu yanıcı maddelerin değerlendirme yapılan bölgede mevcut olmasının mümkün olup olmadığına karar verilmesi gerekir [12].

Bu gazlar ve buharlar ve bunların oluşmasına sebep olan yanıcı sıvı ve katı maddeler genel olarak, tamamen kapatılmış olan veya olmayan proses teçhizatının içinde mevcut olur. Bir proses tesisinin içinde yanıcı bir atmosferin nerede mevcut olabileceğinin veya bir proses tesisinin dışında yanıcı maddelerin boşalmasının nerede yanıcı atmosfer oluşturabileceğini tayini önemlidir [12].

Kimyasalın atmosfere alev alabilen madde salınımı yaptığı belirlenmişse, ilk olarak tanımlamaları dikkate alarak boşaltma olası sıklığını ve süresini belirlemek suretiyle boşaltma derecesini tespit etmek gerekmektedir [12].



Şekil 3.7. Boşalma kaynağı derecelendirme türleri

- Sürekli Derece: Sürekli bir salımın olduğu veya uzun zaman periyotları boyunca oluşmasının beklendiği boşalmalardır.
- Birincil Derece: Periyodik olarak oluşması beklenen veya normal çalışma koşullarında ara sıra olduğu boşalmalardır.
- İkincil Derece: Normal çalışma koşullarda oluşması beklenmeyen ve eğer oluşursa düzensiz olarak ve kısa periyotlarla olduğu boşalmalardır.

Aşağıda belirtilen örnekler tıpatıp uygulanmak üzere verilmemiştir ve farklı proses teçhizatına ve durumlarına göre uyarlanmaları gerekmektedir.

3.4.3.1. Sürekli Boşalma Derecesi Veren Kaynaklar

- a) Sabit bir çatı tankında bulunan ve atmosfere kalıcı havalandırması olan yanıcı bir sıvının yüzeyi,
- b) Atmosfere devamlı olarak veya uzun sürelerle açık olan yanıcı bir sıvının yüzeyi (su/yağ ayırıcısı gibi) [12].

3.4.3.2. Ana Boşalma Derecesi Veren Kaynaklar

- a) Normal çalışmada yanıcı madde yayması beklenen pompa, kompresör ve vana keçeleri,
- b) Kaplarda bulunan ve normal çalışmada su tahliye edilirken atmosfere yanıcı madde yayması mümkün olan su tahliye noktaları,
- c) Normal çalışmada atmosfere yanıcı madde yayması beklenen numune alma noktaları,
- d) Normal çalışmada atmosfere yanıcı madde yayması beklenen tahliye vanaları, havalandırma vanaları ve diğer açıklıklar [12].

3.4.3.3. Tali boşalma derecesi veren kaynaklar

- a) Normal çalışmada yanıcı madde yayması beklenmeyen pompa, kompresör ve vana keçeleri,
- b) Normal çalışmada yanıcı madde yayması beklenmeyen flanşlar, bağlantılar ve boru bağlantı parçaları,
- c) Normal çalışmada atmosfere yanıcı madde yayması beklenmeyen numune alma noktaları,
- d) Normal çalışmada atmosfere yanıcı madde yayması beklenmeyen tahliye vanaları, havalandırma vanaları ve diğer açıklıklar [12].

Alan sınıflandırması kötü bakım uygulamaları için bir bahane olmamalı ancak kullanıcı, kötü uygulamaların alan sınıflandırması için belirlenen esasları tehlikeye atabileceğinin farkında olmalıdır. Örneğin, CEI 31-35 kılavuzunda ikincil salımların sürelerini ve sıklıklarını tanımlamak için, yanıcı maddelerin muhafaza sisteminin ve ilgili bileşenlerinin işletimine ve bakım faaliyetlerine atıfta bulunulması ve en az iki tane detektörü olan öncesinde uyarı verecek bir kontrol sisteminin garanti edilmesi istenmektedir [12].

3.4.4. Tehlikeli alan mesafesi (d_z)

Tehlikeli mesafe d_z , boşalma yönü ve yayılan olası patlayıcı ortamdan olan uzaklıktır. Burada havadaki gaz veya buharın konsantrasyonu $k_{dz.LEL}$ 'den düşüktür. $k_{dz.LEL}$ matematik metotlarla hesaplanmaktadır. Bu değer, bölge boyutlarının büyüklük sıralamasını tanımlamak için kullanılmaktadır [12].

k_{dz} , dz 'nin hesaplanmasında LEL'e uygulanan bir güvenlik katsayısıdır. Sürekli ve birincil dereceli salımlar için 0,25 ile 0,5 arasında, ikincil salımlar için 0,5 ile 0,75 arasında değerler kabul edilir [13].

3.4.5. Bölge çeşitleri

Boşalma derecesi ile bölge çeşidi arasında yakın bir ilişki vardır. Genellikle sürekli boşalma Bölge 0'ı, ana boşalma Bölge 1 ve tali boşalma Bölge 2'yi tanımlamaktadır. Ortam havalandırması belirtilen bölge çeşitlerini değiştirmektedir. Kötü veya kaçak havalandırma bölge çeşidinin azalmasına neden olur. Örneğin; ana boşalmayı bölge 1'den kötü havalandırma neticesinde bölge 0'a düşürebilir [12].

Yanıcı maddelerin veya benzer özelliklere sahip başka yanıcı maddelerin, benzer proste veya depolamada olması durumunda, bu maddelerin bulunduğu alanlar ile ilgili yakın bir ilişki vardır. Bu bilgiler tehlikeli alanların büyüklüklerini ve niteliklerini sınırlamada kullanılabilir. Yukarıda bahsedilen durum ve bu durumların belirlenmesi için aşağıdaki yöntemlerin doğru bir şekilde değerlendirmesi gerekmektedir:

- Çevresel şartlar ve boşalma kaynağından oluşan patlayıcı ortamlara eş değerlikte emniyet işletme analizleri belirlenmelidir.
- Olası patlayıcı ortama uygun istatikselle ilgili bilgilere bağlı olan hesaplamalar uygulanmalıdır. Araştırmaların sayısı ve süresi, olasılığın belirlenmesinde güvenilirlik ve uygunluk sağlamalıdır. Bölge çeşitleri Tablo 3.3'den referans alınarak tanımlanabilir. Arızanın artma ihtimalinin olduğu durumlarda bu olasılık yaklaşımı önerilmemektedir.

Tablo 3.4.Olası bölge çeşitleri [12]

Bölge	1 Yıl İçerisinde Olası Patlayıcı Ortam	Boşalmanın 365 Gündeki (1 Yılda) Toplam Süresi (Patlayıcı Ortamın)
Bölge 0	$P > 10^{-1}$	1 000 saatten daha fazla
Bölge 1	$10^{-1} \geq P > 10^{-3}$	10 saatten fazla ve 1 000 saate kadar
Bölge 2	$10^{-3} \geq P > 10^{-5}$	0,1 saatten fazla ve 10 saate kadar

3.4.6. Eş zamanlı boşalmaların bölge çeşidine etkisi

Düşük derecelerdeki boşalmalar ile yüksek konsantrasyonlardaki boşalmaların sınıflandırmaya etkisi incelenmelidir. Bu boşalmalar karşılıklı olarak birbirlerini etkileyebilir ve eş zamanlı boşalmalar oluşturabilir. Çok sayıda boşalma kaynağının olması durumunda bu kriter kullanılabilir. Ancak bu durum sadece aynı boşalma derecesine sahip boşalma kaynaklarında aynı yanıcı maddelerin olmasında geçerlidir. Kapalı ortamlardaki eş zamanlı boşalmaların havalandırma derecesini etkileyebileceği için her zaman dikkatli düşünülmesi gerekmektedir [12].

Uygulama kriterleri aşağıda listelenmiştir.

- a) Sürekli boşalmalarda havalandırma derecesini tanımlamak için, boşalmanın eş zamanlı boşalma olduğu düşünülmelidir.
- b) Ana boşalmalarda havalandırma derecesini tanımlamak için, sürekli ve ana boşalmaların eş zamanlı olduğu düşünülür.
- c) Tali dereceli boşalmalarda havalandırma derecesini tanımlamak için sürekli, ana ve tali dereceden boşalmaların eş zamanlı olduğu düşünülür. Boşalmanın en yoğun olduğu yer belirlenir [12].

Tablo 3.5.Eş zamanlı ana boşalma sayısı [12]

Ana Boşalma Sayısı	Eş Zamanlı Ana Boşalma Sayısı
1	1
2	2
3-5	3
6-9	4
10-13	5
14-18	6
19-23	7
24-27	8
28-33	9
34-39	10

Tablo 3.5. (Devam) Eş zamanlı ana boşalma sayısı [12]

Ana Boşalma Sayısı	Eş Zamanlı Ana Boşalma Sayısı
40-45	11
46-51	12
>51	12+%20(n-21) (*)
(*) “n” ana dereceli toplam boşalma sayısı	

3.4.7. Havalandırmanın bölge çeşidine etkisi

3.4.7.1. Havalandırma derecesi

Havalandırma derecesi, ortama boşalan yanıcı madde miktarı ile orantılı olarak boşalma kaynağını etkileyen havalandırma miktarını belirler. Bu oran, çeşitli derecelerdeki patlayıcı ortamın sınırlandırılmasını ve kalıcılık süresinin azaltılmasını sağlar.

V_a toplam hacminde, ortam atmosferi içindeki yanıcı madde ortalama konsantrasyonu $\%X_m$ ' e göre üç çeşit havalandırma derecesi tanımlanmaktadır.

Minimum kuramsal havalandırma volumetrik hızı, boşalan yanıcı maddenin açık veya kapalı durgun ortamlarda seyrelmesini sağlamak için kullanılmaktadır ve aşağıdaki Eşitlik (3.9) ile hesaplanabilmektedir [12];

$$\left(\frac{d_v}{d_t}\right)_{\min} = Q_{\text{amin}} = \frac{\left(\frac{d_G}{d_t}\right)_{\max} \cdot T_a}{kLEL_m \cdot 293} = \frac{Q_g \cdot T_a}{kLEL_m \cdot 293} \quad (3.9)$$

Bu Eşitlikte;

$\left(\frac{d_v}{d_t}\right)_{\min} = Q_{\text{amin}}$, minimum kuramsal havalandırma debisini (birim zamandaki hacim, m^3/s)

$\left(\frac{d_G}{d_t}\right)_{\max} = Q_g$, yanıcı maddenin maksimum boşalma debisini (birim zamandaki kütle, kg/s)

LEL_m , alt patlama limitini (birim hacimdeki kütle, kg/s)

k, LEL_m'ye uygulanan güvenlik katsayısını;

k=0,25 (sürekli ve birincil derecedeki gaz salımları için)

k= 0,5 (ikincil derecedeki gaz salımları için)

T_a ise çevresel sıcaklığı (K) ifade etmektedir.

LEL_v'yi (hacim %) LEL_m 'ye (kg/m³) çevirebilmek için aşağıda belirtilen normal atmosferik şartlar altında Eşitlik (3.10) kullanılabilir;

$$LEL_m = 0,416 \times 10^{-3} \times M \times LEL_v \quad (3.10)$$

Havalandırma verimliliği kararlı haldeki tekli boşalmalar için Eşitlik (3.11) kullanılabilir;

$$\frac{Q_a}{Q_{amin}} = \frac{k \cdot LEL_v}{X_t \text{ ya da } X_r} \text{ olarak verilmektedir.} \quad (3.11)$$

Bu Eşitlikte:

%X_{te} = V_a toplam hacimdeki ortamda bulunan yanıcı maddelerin t_e süre sonraki ortalama yüzde konsantrasyonu, [%];

%X_r = V_a toplam hacimdeki ortamda bulunan yanıcı maddelerin kararlı haldeki ortalama yüzde konsantrasyonu, [%] ifade etmektedir.

Havalandırma verimliliği kararlı haldeki eş zamanlı boşalmalar için Eşitlik (3.12) kullanılabilir;

$$\frac{Q_a}{\sum Q_{amin}} = \frac{k \cdot LEL_v}{\%X_m} \text{ olarak verilmektedir.} \quad (3.12)$$

X_m =V_a toplam hacimdeki ortamda bulunan yanıcı maddelerin ortalama yüzde konsantrasyonu, [%] ifade etmektedir.

Birim zamandaki hava değişim sayısı C₀ olan V₀ hacmindeki ortamın potansiyel patlayıcı kuramsal hacmi V_k; ideal temiz hava akış şartlarında ve boşalma kaynağına yakın bir yerde anlık olarak homojen bir karışımın oluşması durumunda gerçekleşmektedir ve Eşitlik (3.13) ile hesaplanabilmektedir [12];

$$V_k = \frac{(dv/dt)_{\min}}{c_0} = \frac{Q_{\text{amin}}}{c_0} \quad (3.13)$$

Boşalma kaynağının etrafındaki potansiyel patlayıcı ortamın kuramsal hacmi V_z olarak tanımlanmakta ve Eşitlik (3.14) ile hesaplanabilmektedir;

$$V_z = (f_{SE} \cdot V_k) = f_{SE} \cdot \frac{(dv/dt)_{\min}}{c_0} = \frac{f_{SE} \cdot Q_{\text{amin}}}{c_0} \quad (3.14)$$

Havalandırma verimlilik f_{SE} faktörü (patlayıcı gaz veya buhar karışımına ve seyrelme kapasitesine bağlı olarak 1-5 arasında değişir) ile tanımlanmaktadır;

Bu Eşitlikte:

$C_0 = V_0$ hacimli havalandırılmalı ortamdaki hava değişim sayısını [s^{-1}] ifade etmektedir.

C_0 , aşağıdaki Eşitlik (3.15) ile hesaplanmaktadır;

$$C_0 = \frac{(dv_0/dt)}{V_0} = \frac{Q_0}{V_0} \quad (3.15)$$

Bu Eşitlikte:

$Q_0 = V_0$ hacmine etkileyen gerçek havalandırma debisi [m^3/s];

$V_0 =$ Referans alınan küpün hacmini [m^3] ifade etmektedir.

V_a hacmindeki bir ortamdaki birim zamanda değişen hava sayısı aşağıdaki Eşitlik (3.16)'dan bulunabilir;

$$C_a = \frac{(dv_a/dt)}{V_a} = \frac{Q_a}{V_a} \quad (3.16)$$

3.4.7.2. Açık alanlardaki havalandırma ile bölge çeşidi arasındaki ilişki

Açık alanlarda ancak boşalma kaynağı yakınında patlayıcı ortam oluşur. Açık alanlar için rüzgâr hızının 0,5 m/s olduğu dikkate alınarak C_0 değeri 0,03 s^{-1} olarak verilmektedir. Potansiyel patlayıcı ortamın kuramsal hacmi V_z için, açık ortamlarda hava sirkülasyonunun olduğu ve yanabilen maddelerin hacim etkinliğini azaltacak bir engel bulunmadığı durumlar için aşağıdaki Eşitlik (3.17) geçerli olmaktadır [12];

$$V_z = \frac{(dv/dt)_{\min}}{0,03} = \frac{Q_{\text{amin}}}{0,03} \quad (3.17)$$

Havalandırma verimliliğinin dikkate alınması gereken durumlar için ise, f_{SE} yukardaki formüle dahil edilerek Eşitlik (3.18) dikkate alınmalıdır [12];

$$V_{Z=0} = \frac{f_{SE} \times (dv/dt)_{min}}{0,03} = \frac{f_{SE} \times Q_{amin}}{0,03} \quad (3.18)$$

3.4.7.3. Kalıcılık süresi

Potansiyel patlayıcı ortamın kalıcılık süresi aşağıdaki Eşitlik (3.19) ile hesaplanmaktadır [12];

$$t = \frac{f_{SE}}{c_0} \cdot \ln \left(\frac{k \cdot LEL}{X_0} \right) \quad (3.19)$$

X_0 = Başlangıç boşalma konsantrasyonunu [%] ifade etmektedir.

Yanıcı maddelerin başlangıç konsantrasyonu X_0 (% hacim veya kg/m^3) aşağıdaki Eşitlik (3.20) ve (3.21) ile hesaplanmaktadır;

a) Gaz veya kaynayan sıvı boşalmaları ($P_v > P_a$)

$$\%X_0 = \frac{100}{2} = \%50 \quad (3.20)$$

b) Kaynama noktası altında buharlaşan sıvılar için (Raoult denklemi)

$$\%X_0 = \frac{P_v}{P_a \cdot 2} \cdot 100 \quad (3.21)$$

3.4.7.4. Kapalı alanlardaki havalandırma ile bölge çeşidi arasındaki ilişki

Sınırlandırılmış V_a hacmindeki bir ortamda bulunan son derece parlayıcı maddeler, boşalma kaynağının etrafında ve ötesinde patlayıcı bir ortam oluşturur.

Toplam V_a hacmindeki ortamdaki ortalama yanıcı madde konsantrasyonu $\%X_m$ aşağıdaki Eşitlik ile hesaplanmaktadır.

$$\%X_m \leq \frac{k \cdot LEL_v}{f} \quad (3.22)$$

t_e boşalma zamanından sonra ortamda bulunan ortalama hacim konsantrasyonu $\%X_{te}$ aşağıdaki Eşitlik (3.23) ya da Eşitlik (3.24) ile hesaplanmaktadır;

$$\%X_{te} = \frac{Q_g}{Q_a \cdot \rho_{gaz}} \cdot (1 - e^{-c_a \cdot t_e}) \cdot 100 \quad (3.23)$$

Ya da:

$$\%X_{te} = \frac{Q_g}{Q_a} \cdot (1 - e^{-c_a \cdot t_e}) \cdot 100 \quad (3.24)$$

Eşitliklerdeki;

$Q_a = V_a$ hacmine etkileyen gerçek havalandırma debisini [m^3/s];

ρ_{gaz} =Gaz veya buharın yoğunluğunu [kg/m^3];

t_e =Boşalma süresini [s] ifade etmektedir.

Geçiş süresinden sonra V_a hacmindeki bir ortamdaki kararlı halde bulunan ortalama yüzde konsantrasyonu $\%X_r$ formül aşağıdaki Eşitlik (3.25) ile hesaplanmaktadır;

$$\%X_r = \frac{Q_g}{Q_a \cdot \rho_{gaz}} \cdot 100 \quad (3.25)$$

Eş zamanlı boşalmaların olması durumunda ortalama konsantrasyonu $\%X_m$ Eşitlik (3.26) ve Eşitlik (3.27) ile hesaplanmaktadır.

Sürekli dereceli boşalmalar için havalandırma derecesinin belirlenmesinde Eşitlik 3.26 ile elde edilen arka plan konsantrasyonu kullanılmaktadır [12];

$$X_m \% = \sum X_r \quad (3.26)$$

Ana dereceli boşalmalardaki havalandırma derecesinin belirlenmesinde Eşitlik 3.27 ile elde edilen arka plan konsantrasyonu kullanılmaktadır [12];

$$X_m \% = \sum X_r + \sum X_{te, \text{ ana boşalma}} \quad (3.27)$$

Tali dereceli boşalmalardaki havalandırma derecesinin belirlenmesinde Eşitlik 3.28 ile elde edilen arka plan konsantrasyonu kullanılmaktadır [12];

$$X_m \% = \sum X_r + \sum X_{te, \text{ ana boşalma}} + \sum X_{te, \text{ tali boşalma}} \quad (3.28)$$

3.4.7.5. Havalandırma verimlilik faktörü (f_{se})

Havalandırma verimlilik faktörü f_{se} , her boşalma kaynağının etrafındaki hava akışını engellediği düşünülen patlayıcı ortamın gerçek seyrelme kapasitesidir. İdeal durumlar için $f_{se}=1$ ve engellenmiş hava akışında ise $f_{se}=5$ olarak alınır [12].

3.4.8. Açık ve kapalı ortamlar için havalandırma derecesinin tanımlanması

Kuramsal hacim V_z ile gerçek patlayıcı karışım hacmi V_{ex} arasındaki ilişki her zaman kolaylıkla belirlenemez. Gerçek patlayıcı karışım hacmi V_{ex} 'in belirlenmesinde aşağıda belirtilen Eşitlik (3.29)'da yararlanılmaktadır;

$$V_{ex}=V_z \times k \quad (3.29)$$

Açık ortamlarda V_{ex} hacmi için aşağıda belirtilen şartlar gerçekleştiğinde ihmal edilebilen değerler için potansiyel patlayıcı ortamın kuramsal hacmi V_{zNE} ihmal edilir.

- Bölge 0 için $V_{ex} < 1 \text{ dm}^3$
- Bölge 1 için $V_{ex} < 10 \text{ dm}^3$
- Bölge 2 için $V_{ex} < (100 \times k) \text{ dm}^3$,

Not: Yukarıdakilere ek olarak $V_z < 100 \text{ dm}^3$ şartı sağlanmalıdır.

Kapalı ortamlar da V_{ex} hacmi için aşağıda belirtilen şartlar gerçekleştiğinde ihmal edilebilen değerler için potansiyel patlayıcı ortamın kuramsal hacmi V_{zNE} ihmal edilir.

- Bölge 0 için $V_{ex} < 1 \text{ dm}^3$
- Bölge 1 için $V_{ex} < 10 \text{ dm}^3$
- Bölge 2 için $V_{ex} < 10 \text{ dm}^3$

Yukarıdakilere ek olarak Bölge 0,1,2 için $V_{ex} < 1/10\,000 V_a \text{ dm}^3$ şartı sağlanmalıdır.

Havalandırma dereceleri aşağıdaki şekilde tayin edilebilir:

a) Açık ortamlar:

- V_z ihmal edilebildiğinde (V_{zNE}), havalandırma derecesi yüksek (HV) olmaktadır.
- V_z ihmal edilmediğinde ve kalıcılık süresi ile bölge tipi uyumlu olduğunda havalandırma derecesi orta (MV) olmaktadır.
- Açık ortamlarda düşük havalandırma derecesi (VL) beklenmemektedir.

b)Kapalı ortamlar:

- Vz ihmal edilebildiğinde (VzNE), havalandırma derecesi yüksek (VH) olmaktadır
- %X_m ortalama konsantrasyonu ($\%X_m \leq \frac{k.LELV}{f}$) şartını sağlamadığında ve kalıcılık süresi t'nin bölge tipi ile uyumlu olmaması durumunda havalandırma derecesi düşük (LV) olmaktadır. Örneğin; ağır gazların çukurda ve hafif gazların tavanda birikmesi.
- Yüksek havalandırma ile düşük havalandırma şartını sağlamadığında ve kalıcılık süresi ile bölge tipi uyumlu olduğunda havalandırma derecesi orta (VM) olmaktadır [12].

3.4.9. Havalandırma kullanılabilirlik derecesi

Havalandırmanın yeterliliğinin tanımlanmasında daha ileri bir unsur olarak “kullanılabilirlik” kavramı tanımlanmıştır. Üç çeşit havalandırma kullanılabilirlik derecesi vardır:

İyi; Havalandırma pratik olarak sürekli mevcuttur, bazı çok kısa seyrek kesilmeler kabul edilebilir.

Açık ortamlardaki doğal havalandırmada rüzgâr hızı (w_a) 0,5 m/s kabul edildiğinde veya “durgun rüzgârın konveksiyonel olarak düşük bir değerde yere yakın bir şekilde olduğu özel durumlarda her zaman kullanılabilirliğinin iyi olduğu kabul edilir.

Yapay havalandırmanın iyi kullanılabilirliği; havalandırmanın pratik olarak sürekli çalıştığı, bazı çok kısa kesintilerin olması durumunda da acil otomatik fanların devreye girdiği ortamlar için geçerlidir. Havalandırma kesintisi olduğunda yanıcı maddelerin boşalmasını önlemek için uygulanacak herhangi bir önlemede operatör dâhilinde aynı sınıflandırmada tanımlanabilir.

Orta; Havalandırmanın normal çalışmada sürekli mevcut olması beklenir. Kısa süreli ve seyrek olması kaydıyla kesintilere izin verilir.

Kötü; İyi veya orta standardını karşılamayan havalandırmadır, fakat kesintilerin uzun sürelerle oluşması beklenmez [12].

3.4.10. Bölge tipinin belirlenmesi

Boşalma kaynağı daima boşalmanın derecesine bağlı olarak değişen birincil bir bölge oluşturur:

- Sürekli boşalma derecesi: Bölge 0
- Birincil boşalma derecesi: Bölge 1
- İkincil boşalma derecesi: Bölge 2

Bu bölgeler, havalandırma derecesi “Yüksek (HV)”, havalandırmanın uygunluk derecesi ise “İyi” olduğunda ihmal edilebilir boyutlarda oluşmaktadır ve genellikle Bölge 0NE, Bölge 1NE, Bölge 2NE olarak adlandırılırlar. Bu bölgeler, herhangi bir boşalma kaynağının birkaç dm^3 yakınında herhangi bir elektriksel ekipmanın kurulmaması öneriliyor olsa bile tehlikeli bölgelerin sınıflandırması sürecinde etkisi olmayan bölgelerdir.

Eğer bu birincil bölgenin etrafında havalandırma derecesi “Yüksek (HV)”, uygunluk derecesi “Orta” veya “Kötü” ise, boşalma kaynağına bağlı olarak ayrıca bir Bölge 1 veya Bölge 2 oluşur. Aşağıda gösterilen Tablo 3.5’ de sonuçlar genel olarak özetlenmiştir.

Eğer havalandırma tehlikeli hacim değeri olan “ V_z ”yi ihmal edilebilir bir boyuta indirgeyebiliyorsa dikkate alınan boşalma kaynağına ve alana göre havalandırma derecesi “yüksek” olarak kabul edilebilir. Eğer havalandırma tehlikeli hacim değeri olan “ V_z ” yi ihmal edilebilir bir boyuta indirgeyemiyorsa ancak dikkate alınan boşalma kaynağına ve tehlikeli bölgeye göre boyutlarını belirli bir düzeyde sınırlandırabiliyorsa bu havalandırma “orta” olarak kabul edilir.

Son olarak eğer havalandırma boşalma kaynağı çevresindeki tehlikeli hacmi düşüremiyorsa bu havalandırma “düşük” olarak kabul edilmelidir. “Düşük havalandırma (LV)” derecesi delikler gibi hava akımının belirgin şekilde sınırlandığı bölgeler dışında genellikle açık havada oluşmaz.

Boşalma derecesinin, havalandırma derecesinin ve havalandırma uygunluk (kullanılabilirlik) derecesinin tespit edilmesi sonrasında bölge tipinin tayininde Tablo 3.6 kullanılmaktadır.

Tablo 3.6. Bölge tipi ve havalandırma etkisi

Havalandırma		Boşalmanın Derecesi		
Derece	Uygunluk	Sürekli	Birincil	İkincil
Yüksek (HV)	İyi	Bölge 0 NE	Bölge 1 NE	Bölge 2 NE
	Orta	Bölge 0 NE + Bölge 2	Bölge 1 NE+ Bölge 2	Bölge 2 NE
	Kötü	Bölge 0 NE + Bölge 1	Bölge 1 NE+ Bölge 2	Bölge 2
Orta (MV)	İyi	Bölge 0	Bölge 1	Bölge 2
	Orta	Bölge 0 + Bölge 2	Bölge 1+ Bölge 2	Bölge 2
	Kötü	Bölge 0 + Bölge 1	Bölge 1+ Bölge 2	Bölge 2
Düşük (LV)	İyi, Orta veya Kötü	Bölge 0	Bölge 1 veya Bölge 2	Bölge 1 veya Bölge 0

3.4.10.1. Geçitlerde bölge tipinin belirlenmesi

Ayrıca farklı alanlar arasındaki geçitler potansiyel boşalma kaynağı olarak ele alınmalıdır ve bu gibi durumlarda salımın derecesi hava akımı yönündeki bölgenin tipine, geçidin açılma süresi ve açılma sıklığına, mafsalların etkinliğine ve son olarak bu iki farklı alan arasındaki basınç farkına bağlı olarak değişir. Tablo 3.7 ve 3.8’ de geçit tipleri ve sınıflandırmaları verilmiştir.

AB’nin 60079-10 Normuna göre geçitler A,B,C ve D olarak sınıflandırılmışlardır [7].

Tablo 3.7. Geçit tipleri

Geçit Tipi	Tanım
A Tipi	B,C,D Tipleri için tanımlanan karakteristik özelliklere uymayan geçitler. Örnek: Ulaşım ve araçlar için kullanılan geçitler (duvarlardaki borular, tavan ve zemin...) Oda ve binalardaki sabit havalandırma çıkışları ve B,C,D tipinde olup sık sık veya uzun sürelerle açılmayan geçitler
B Tipi	Normalde kapalı olan (otomatik olarak kapanan) ve nadiren açılan ve genelde dar olan geçitler
C Tipi	B Tipine uyan normalde kapalı ve nadiren açılan ve ayrıca tüm çapı boyunca bir kapama aracı ile tıkanan geçitler veya birbirlerinden bağımsız otomatik kapanma mekanizmasına sahip B Tipi geçit.
D Tipi	C Tipine uyan normalde kapalı olan ve sadece özel ve acil durumlarda açılabilen geçitler veya tehlikeli bölgeye açılan C Tipi bir geçitle B Tipi bir geçidin birbirine seri olarak bağlanması ile oluşan geçit tipi.

Geçit altındaki alanın sınıflandırılması için geçidin kendisinden belirli bir derecede salım olduğu varsayılmalıdır. Bu salımın derecesi, geçidin türüne ve hava akışı yönündeki bölgenin cinsine bağlı bir fonksiyondur.

Tablo 3.8. Geçitlerin salım derecesi sınıflandırması

Hava Akımı Yönündeki Bölge Türü	Geçit Türü	Geçidin Salım Derecesi
Bölge 0	A	Sürekli
	B	(Sürekli) ¹ / Birincil
	C	İkincil
	D	Salım Yok
Bölge 1	A	Birincil
	B	(Birincil) ¹ / İkincil
	C	(İkincil) ¹ / Salım Yok
	D	Salım Yok
Bölge 2	A	İkincil
	B	(İkincil) ¹ / Salım Yok
	C	Salım Yok
	D	Salım Yok

(1) Parantez içinde belirtilen salım dereceleri için geçitlerin kullanım sıklıkları dikkate alınmalıdır.

3.4.11. Boşalma kaynak tipleri ve delik büyüklükleri

EN 60079-10-1 standardında hesaplama yapabilmek maksadıyla delik büyüklüğü ve kaynak yarıçapı ekipman bazında detaylı olarak verilmemiş olup aralıklar belirtilmiştir. CEI 31-35 uygulama kılavuzunda ise delik büyüklüklerinin seçileceği durumlarla ilgili kurallar ekipmanlar ve şartlar tarif edilerek belirtilmiştir.

IEC 60079-10-1:2015 “Bölüm B.5 Açıklık boyutu ve kaynak yarıçapı” bölümünde; boşalma hızının delik yarıçapının karesiyle orantılı olduğu belirtilmektedir, bu nedenle delik çapının eksik tahmin edilmesi boşalma hızının hesaplanmasında büyük bir eksikliğe yol açacaktır. Delik büyüklüğünün fazla tahmin edilmesi de güvenlik açısından kabul edilebilir şekilde korumacı bir hesaplamayla sonuçlanacaktır; ancak, korumacılığın derecesi de yine sınırlı olmalıdır çünkü o da sonuç olarak aşırı geniş kuşak alanlarına neden olmaktadır. Bu nedenle delik büyüklüğü belirlenirken, dikkatli dengeli bir yaklaşıma ihtiyaç vardır. Dikkate alınabilecek delik ebatları söz konusu uygulama kılavuzunda aşağıda Tablo 3.9’da belirtildiği şekilde verilmiştir.

Tablo 3.8.CEI 31-30 uygulama kılavuzunda verilen delik büyüklükleri

Komponent (Parça)	Notlar	A (m ²)
Flanş bağlantıları	Flanş kaçaklarındaki kaçak çapını belirlemede conta/salmastra hatası dikkate alınır. Endüstri alanında; delik, flanşın bir fonksiyonu olarak ve contanın tipi ve kalınlığı dikkate alınarak tanımlanır. Ana conta tipleri aşağıdaki gibidir: •Teflon contalar •Sarmal contalar •Metal contalar	Teflon conta:5,0 mm ² (<DN150) Sarmal sarı conta: 2,5 mm ² (<DN150) Metal conta: 5,0 mm ² (<DN150, flanş kelepçesi ve sertifikası yok) Not: Flanşın kelepçeli ve/veya sertifikalı olmasına göre her tip flanş için belirlenen kaçak alanı küçülmektedir.
Vanalar	Vana kaçaklarındaki kaçak çapını belirlemede vana kirişinden kaçak dikkate alınır.	Çapı 150 mm'den küçük genel borulama vanalarında 2,5 mm ² Çapı 150 mm'den büyük genel borulama vanalarında ya da ağır şartlarda işletilen tüm vanalarda 5,0 mm ²
Kompresörler	Kompresörlerdeki kaçak çapını belirlemede kaçağın conta/salmastradan olduğu dikkate alınır (toplanıp bir menfeze yönlendirilmemesi şartı ile)	Kompresör Kaçağı (Pistonlu) için 2,5 mm ² Kompresör Kaçağı (Santrifüj- Seal) için 1 mm ² Kompresör Kaçağı (Santrifüj- Katı Lehimsiz) için 5 mm ² NOT: Mümkünse üretici datasının kullanılması tavsiye edilir.
Diğer Bağlantılar	Pompa Kaçağı	Pompa Kaçağı için 2,5 mm ² Pompa Kaçağı (Salmastralı) için 5 mm ²
	Dişli Bağlantısı	Dişli Bağlantı Noktaları için 0,1 mm ² Geçme Tipli Bağlantı Noktaları için 1 mm ²
	Emniyet Ventili	Basınç Tahliye Vanaları için 0,25 mm ² Atmosferik Tahliye Vanaları için 0,25 mm ²
	Patlama Kapağı	Patlama Kapağı için 1 mm ²
	Menhol/Yükleme Kapağı/Nefeslik vb.	Menhol/Yükleme Kapağı/Nefeslik için 0,1 × (orifis kısmı)

3.4.12. Sıvının salım hızı

Göletin alanını hesaplamak için kapalı bir sistemden boşalan sıvının ilk hızı $Q_1=W$ (kg/s) Eşitlik 3.30 ile hesaplanarak tahmin edilmelidir [12];

$$Q_1=C_d \times S \times \sqrt{2 \times p_{liq} \times \Delta p} \quad (3.30)$$

Q_1 : Sıvı salım oranı (birim zaman başına kütle, kg/s)

Cd: Salım açıklıklarının bir özelliği olan ve türbülans ile viskozite etkilerinin hesaba katıldığı, tipik olarak keskin kenarlı açıklıklar için 0,50 ila 0,75 ve yuvarlak kenarlı açıklıklar için 0,95 ila 0,99 değerleri arasında olan tahliye katsayısı (boyutsuz)

S: Akışkanın salım yaptığı açıklığın (açıklık) kesiti (m²)

ρ_{liq} =Sıvı yoğunluğu (kg/m³)

Δp : Sızıntının meydana geldiği açıklıktaki basınç farkı (Pa)

Hacimsel boşalma hızı Q_{vl} aşığıdaki Eşitlik (3.31) ile hesaplanmaktadır;

$$Q_{vl} = \frac{Q_l}{\rho_{liq}} \quad (3.31)$$

3.4.13. Buharlaşan havuzların salım hızı

Buharlaşan havuzlar sıvı sızıntısının sonucu ortaya çıkabilir veya yanıcı sıvının açık bir kapta depolandığı veya kullanıldığı yerlerde buharlaşma söz konusu olabilir.

Buharlaşan havuzların boşalma hızı; ABD Çevre Koruma Ajansı' tarafından oluşturulmuştur Aşırı Tehlikeli Maddeler için Acil Durum Planlaması Tehlike Analizi Teknik Kılavuzu'na göre hesaplanabilmektedir [7].

Kılavuza göre aşığıdaki değerlendirme için şu varsayımlar yapılmıştır:

- Gaz veya buhar bulutu ortam sıcaklığındadır.
- Boşalan yanıcı madde havadan hafiftir. Yoğun gazlar bu analizde havadan hafif gazlarla aynı şekilde ele alınmaktadır.
- Analizde yıkıcı dökülme kaybı için sürekli boşalma değerlendirilmemiştir.
- Sıvılar kaplarından düz bir yüzeye dökülmüş ve 1 cm derinliğinde göllenme oluşturmuş ve ortam kaynama koşullarında buharlaşmasına izin verilmiştir.

Bu durum için, buharlaşma hızı aşığıdaki Eşitlik (3.32) kullanılarak hesaplanabilir [7];

$$W_e = \frac{6,55 \times u_w^{0,78} \times A_p \times P_v \times M^{0,667}}{R \times T} \quad (3.32)$$

A_p , göllenme yüzeyi alanı (m^2)

U_w , sıvı havuz yüzeyi üzerindeki rüzgar hızı (m/s)

P_v , T sıcaklıkta sıvının buhar basıncını (kPa) ifade etmektedir.

Bu eşitliğin kaynağı Aralık 1987 tarihli Aşırı Tehlikeli Maddeler içi Acil Durum Planlaması Tehlike Analizi Teknik Kılavuzudur. Buhar basıncı Antoine denkleminde derlenen çeşitli metotlarla hesaplanabilir. Kaynama sıcaklığında buhar basıncının 101,3 kPa olduğu kabul edilmektedir [7].

Söz konusu varsayımların dışında kaynama noktasına bağlı olarak sıvı salım durumu için buharlaşma oranı tahmininde kullanılan kabuller:

Kaynama noktası ortam sıcaklığının altındaki sıvılar için;

Sıvılaştırılmış petrol gazı (LPG), LNG, hidrojen gibi kimyasalların kaynama noktası sıfırın altındadır. Sıvının %80-90'a yakın kısmı buharlaşır. Ancak buharlaşma oranının hesaplaması 60079-10-1:2015 standardında verilmemiştir. Salınan sıvının hepsinin buharlaştığını (W'nin %100'ü) kabul ederek hesaplamaya devam etmek güvenli bir yaklaşım olur. Bu durum Flash fraction olarak adlandırılır [14].

Kaynama noktası ortam sıcaklığının üzerindeki sıvılar için;

Benzen, toluen, etil asetat gibi kaynama noktası ortam sıcaklığının üzerinde olan kimyasallar için sıvının salım oranının (W'nin) %2'si alınabilir. Standart EK-E Örnek-1'de %2 bilgisinin geçerli endüstriyel yönetmeliklerden aldığı belirtilmiştir.

Standartta havuz yüzey alanının (A_p) hesaplaması ile ilgili bilgi verilmemiştir. Guidelines For Chemical Process Quantitative Risk Analysis ve CEI 31-35:2011-3'te bu konu hakkında bilgi bulunmaktadır [14].

Bölge büyüklüğünün hesaplanabilmesi için EN 60079-10-1:2005 ve CEI 31-35 uygulama kılavuzu standardında verilen gaz ve buhar yayılma oranı hesabı kullanılmıştır.

CEI 31-35'de sıvı dökülmesi için Q_g hesabı farklı verilmiştir. Ancak gaz hesaplaması aynen geçerlidir.

Teorik hacmi tespit etmek için, yayılan yanıcı madde konsantrasyonunun, taze hava akışıyla, alt patlama limitinin altında kalmasını sağlayacak teorik havalandırma akış oranını hesaplamak gerekir [12].

Teorik hacim V_z genellikle, yanıcı gaz veya buhar konsantrasyonunun bir güvenlik faktörünün (k) değerine bağlı olarak, alt patlama limitinin 0,25 ya da 0,5 katına ulaştığı andaki hacimdir [12].

V_z hesaplaması sadece havalandırma derecesini belirlemeye yardımcı olması için tasarlanmıştır. Teorik hacim, tehlikeli bölgenin büyüklüğü ile doğrudan ilgili değildir. Daha fazla yayılma oranı, daha büyük bölge boyutu demektir. Yayılma oranı, yayılmanın diğer parametrelerine de bağlıdır, bu parametreleri adlandırmak gerekirse;

- a) Yayılma kaynağının geometrisi
- b) Yayılma hızı
- c) Konsantrasyon
- d) Yanıcı sıvının buharlaşma özelliği [12]

Sıvı dökülmesi veya gaz yayılması durumunda Q_g hesaplaması tehlike mesafesi d_z 'yi tanımlamak için kullanılır [12].

Tehlikeli bölge mesafeleri tehlikeli madde ve çalışma koşullarının karakteristikleri dikkate alınarak hesaplanmıştır.

Rüzgâr hızı hesaplamalarda açık alanlar için risk sınırı kabul edilen 0,5 m/s olarak alınmıştır.

3.4.13.1. CEI 31-35'e göre yayılma hızı hesabı (Q_g)

Yanıcı maddeler, kontrol altında tutuldukları sistemlerden şartlara bağlı olarak, farklı yapılarda (gaz, sıvı veya buhar) ve yayılma hızında (yüksek veya düşük) yayılabilir. Tehlikeli bölge sınıflandırması için hazırlanmış İtalyan Metodolojisi CEI 31-35 nolu standarttaki denklemler kullanılarak "Bölge Genişliği" modellenmiştir.

Gölet alanının hesaplanması için iki farklı durum mevcuttur.

İlk durumda, Eşitlik 3.33 kullanılarak sıvı kaçağını durdurma amacıyla yapılacak müdahaleler dikkate alınarak alan hesabı yapılmaktadır. Bu Eşitlikte sıvı salınımı süresince buharlaşmanın olmayacağı göz önünde bulundurulur [12].

Ayrıca, gölet hesaplarında, boşalım zamanının (t_p 'nin) uzun ve/veya boşalan sıvının kaynama sıcaklığına çok yakın bir sıcaklıkta olduğunda, buharlaşma dikkate alınmalıdır. Ve bu durumda Eşitlik (3.33) ile hesaplanandan daha küçük bir alan kabul edilebilir [12];

$$A_1 = \frac{Q_{vl} \times t_p}{h_m} \quad (3.33)$$

Q_{vl} , boşalma volumetrik debisi [m^3/s];

t_p , boşalma süresi [sn]

h_m , sıvı göletin derinliğini [m] ifade etmektedir.

Gölet derinliği (h_m); Zemin gözenekliliğine, pürüzlülüğüne ve materyalin vizkozitesine bağlı olarak değerlendirilir [12].

Gözeneksiz yüzey için 5×10^{-3} m (örneğin, beton), gözenekli yüzey için 10×10^{-3} m (örneğin, çakıllık, kumluk) olarak alınabilir. Oldukça düşük vizkoziteli sıvılar için (örneğin, incelticilerde), gölet derinliği (h_m) 5×10^{-3} m'den daha az olabilir. Oldukça yüksek vizkoziteli sıvılar için ise gölet derinliği 5×10^{-3} m den yüksek olabilir [12].

Eşitlik (3.33)'te kullanılan t_p aşağıdaki koşullara göre seçilir:

- Gaz dedektörleri mevcut ve otomatik durdurma sistemi var olması durumu için 10 sn;
- Eğitimli bir kişi tarafından görsel olarak kontrol mevcut ise 90 s.(Örneğin; tankeri operatör gözetiminde yükleme / boşaltma yapılması)
- Operatör tarafından bir yerden manuel durdurma yapılması durumunda 15 dakika
- Sadece genel gözetime tabi faaliyetler durumu için 90 dakika
- Gözetim olmadan yapılan faaliyetler için 8 saat [12].

İkinci durumda ise, sıvı kaçağını durdurabilmek için gerekli müdahale süresi dikkate alınmadan (yüksek müdahale, yani; zamanında tesisteki otomatik sistemler ile

kapatma dikkate alınır, insanlı müdahaleler ise hesaplamaya dahil edilmez), sınırlandırılmamış göllenme bölgesi, buharlaşmanın oluşacağı denge koşuluna göre aşağıdaki şekilde tanımlanır: Denge şartlarında sınırlanmamış göletin alanı (A_2) için Eşitlik (3.34) kullanılır [12];

$$A_2 = \frac{Q_1}{Q_{gs}} \times k_A \quad (3.34)$$

Q_1 sıvının boşalma debisini ($\text{kg}\cdot\text{s}^{-1}$) ifade etmektedir. Q_1 ile Q_{gs} arasında aşağıda belirtilen bir ilişki söz konusudur, söz konusu ilişkiye göre k_A değeri aşağıdaki şekilde belirlenir [12]:

$$Q_1 / Q_{gs} < 1,0 \text{ m}^2 \text{ olduğunda } k_A = 0,7$$

$$1,0 \leq Q_1 / Q_{gs} < 4,0 \text{ m}^2 \text{ olduğunda } k_A = 1,0$$

$$Q_1 / Q_{gs} \geq 4,0 \text{ m}^2 \text{ olduğunda } k_A = 1,4$$

Q_{gs} , göletten spesifik buharlaşma hızıdır ($\text{kg}/\text{s} \cdot \text{m}^2$). A_1 veya A_2 göllenme alanlarından hangisi küçük ise o değer üzerinden Eşitlik (3.35) kullanılarak hesaplanır;

$$Q_{gs} = 2 \times 10^{-3} \times \frac{w_a}{f_{SE}} \times \frac{M \times P_a}{R \times T} \times \ln \left(\frac{P_a}{P_a - P_v} \right) \quad (3.35)$$

Sonuç olarak gölleşmenin Q_g buharlaşma oranı, havalandırma etkileri ile beraber Eşitlik (3.36) kullanılarak hesaplanır;

$$Q_g = 2, 10^{-3} \times A \times \frac{w_a}{f_{SE}} \times r_{eq}^{-0,11} \times \frac{M \times P_a}{R \times T} \ln \left(\frac{P_a}{P_a - P_v} \right) \quad (3.36)$$

Bu Eşitlikte:

w_a , ortamdaki hava hızı, [m/s];

m ; yanıcı maddenin molar kütleini [kg/kmol];

P_a ; ortamın atmosfer basıncını [Pa];

R ; evrensel gaz sabitini (8314 J/kmol.K);

T ; kapalı sistemdeki boşalma noktasındaki referans sıcaklığı, [K];

P_v , maksimum ortam sıcaklığındaki buhar basıncını, [Pa];

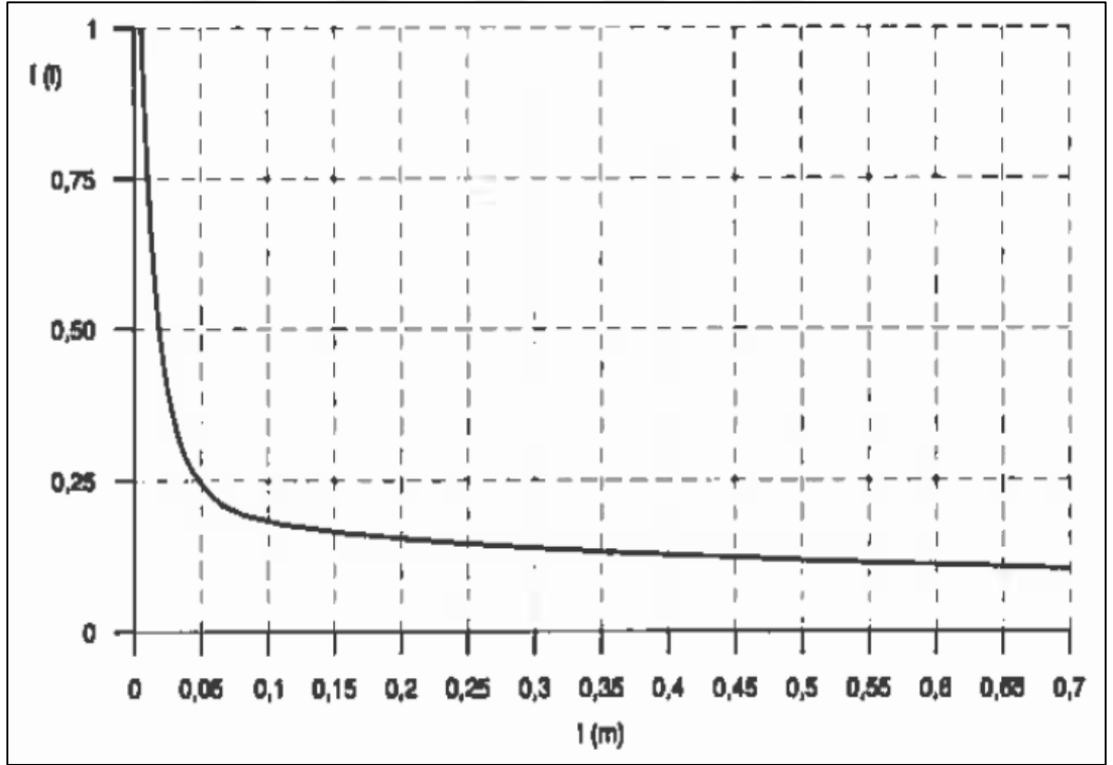
r_{eq} , dairesel veya dörtgenel sıvı yüzey alanının eş çapını, $r_{eq} = (2 \cdot \text{Alan})/(\text{çevre})$ [m], ifade etmektedir.

3.4.14. Sprey şeklinde fışkırtma-buhar basıncı yüksek (Lpg vb.) boşalma hız hesabı

LPG gibi buhar basıncı yüksek sıvılar için İtalyan standardı CEI 31-35'de sıvı boşalmasının hesaplanması için farklı Eşitlik verilmiştir. Bu tür sıvılaştırılmış gazlar için Eşitlik 3.37 kullanılır:

$$\frac{d_g}{d_t} = W = Q_t = C_d \times S \times \left[2p_{liq} \times f(I) \times (p - p_0) \right]^{0,5} \quad (3.37)$$

Eşitlikte C_d boşalma sabitini, S boşalan kaynağın alanını m^2 , $f(I)$ dışarı akan sıvının gaz ve sprej oranı fonksiyonunu belirtmektedir. $f(I)$ aşağıdaki grafikten belirlenir.



Şekil 3.8.Boşalma mesafesinin uzunluk-fonksiyon grafiği

Sıvı akışı buhar kesri hesabı için Eşitlik (3.38) kullanılır;

$$\varphi_f = \frac{C_{sl}}{C_{lv}} (T - T_b) \quad (3.38)$$

Bu Eşitlikte:

φ_f ; sıvı akışı buhar kesri;

φ_s ; sprej kesri;

ifade etmektedir.

Eğer sıvı akışı buhar kesri $\leq 0,5$ ise; sprej kesri, sıvı akışı buharlaşma kesrine eşittir.

Kısacası, $\varphi_s = \varphi_f$ olur.

Eğer sıvı akışı buhar kesri $> 0,5$ ise; sprej kesri, 1-sıvı akışı buharlaşma kesrine eşittir.

Kısacası, $\varphi_s = 1 - \varphi_f$ olur.

Gölet oluşturacak sıvı var ise Eşitlik (3.39) ve (3.40) kullanılır [12];

$$Q_g = Q_t (\varphi_s + \varphi_f) \quad (3.39)$$

$$Q_l = Q_t - Q_g \quad (3.40)$$

3.4.15. Gazın yayılma hızı

Basınçlandırılmış gazın yoğunluğu eğer sıvılaştırılmış gazın yoğunluğundan çok daha düşükse gazın konteynırdan yayılma hızı ideal gazın adyabatik genişmesi ile tahmin edilebilir [12].

Bölge büyüklüğünün hesaplanabilmesi için EN 60079-10-1:2005 ve CEI 31-35 uygulama kılavuzunda verilen gaz ve buhar yayılma oranı hesabı kullanılmıştır.

Eğer gaz konteynırın içindeki basınç Eşitlik (3.41) ile hesaplanan p_c (kritik basınç) değerinden daha yüksekse yayılan gazın hızı engellenmiş olur;

$$p_c = p_0 \times \left(\frac{\gamma + 1}{2} \right)^{\gamma / \gamma - 1} \quad (3.41)$$

Burada;

p_0 , gaz konteynırının dışındaki basınç.

γ , adyabatik genişlemeye ait politropik genişleme veya özgül ısı değerlerinin oranı.

İdeal gazlar için Eşitlik (3.42) kullanılabilir;

$$\gamma = \frac{M_{cp}}{M_{cp} - R} \quad (3.42)$$

Burada:

M, gazın moleköl ağırlığı (kg/kmol)

R, evrensel gaz sabiti (8314 J kmol⁻¹ K⁻¹)

ifade etmektedir.

3.4.16. Bloklanan gazlara ait yayılım hızı

Bloklanan gaz hızı ses hızına eşittir. Bu değer teorik olarak maksimum boşalma hızıdır. Eğer gaz hızı bloklanıyorsa, gazın konteynırdan boşalma hızı aşağıdaki yöntemle Eşitlik (3.43) kullanılarak yaklaşık olarak tahmin edilebilir [7] [12];

$$\frac{d_g}{dt} = W_g = Q_g = C_d \times S \times p \times \sqrt{\gamma \times \frac{M}{R \times T} \left(\frac{2}{\gamma + 1} \right)^{(\gamma + 1) / (\gamma - 1)}} \quad (3.43)$$

Bu Eşitlikte;

$\frac{d_g}{dt} = W_g$, gazın yayılım hızı (birim zamandaki kütle, kg/sn)

S, gazın yayıldığı geçidin kesit alanı (yüzey alanı, m²)

p, konteynır içindeki basınç (Pa)

γ , adyabatik genişlemeye ait politropik genişleme veya özgül ısı değerlerinin oranı

M, gazın moleköl ağırlığı (kg/kmol)

T, konteynır içerisindeki mutlak sıcaklık (K)

R, evrensel gaz sabiti (8314 J kmol⁻¹ K⁻¹)

3.4.17. Bloklanmayan gaz hızına sahip gazın yayılım hızı

Bloklanmayan gazın hızı belirli bir gaz için ses hızından daha düşük olan boşalma hızıdır.

Eğer gaz hızı engellenmiyorsa bir gazın konteynırdan yayılım hızı Eşitlik (3.44) yardımıyla yaklaşık olarak tahmin edilebilir [7] [12];

$$\frac{d_g}{d_t} = W_g = Q_g = C_d \times S \times p \times \sqrt{\frac{M}{R \times T} \times \left[1 - \left(\frac{p_0}{p} \right)^{\frac{(\gamma+1)}{(\gamma-1)}} \right]} \times \left(\frac{p_0}{p} \right)^{1/\gamma} \quad (3.44)$$

Bu Eşitlikte;

$\frac{d_g}{d_t} = W_g$, gazın yayılım hızı (birim zamandaki kütle, kg/s)

S, gazın yayıldığı geçidin kesit alanı (yüzey alanı, m²)

p, konteynır içindeki basınç (Pa)

γ , adyabatik genişlemeye ait politropik genişleme veya özgül ısı değerlerinin oranı

M, gazın molekül ağırlığı (kg/kmol)

T, konteynır içerisindeki mutlak sıcaklık (K)

R, evrensel gaz sabiti (8314 J kmol⁻¹ K⁻¹)

ifade eder.

Boşaltım deliğindeki gaz hızı aşağıdaki Eşitlik (3.45) yardımıyla hesaplanabilir;

$$V_0 = \frac{d_g/d_t}{p_0 \times S} \quad (3.45)$$

Burada;

$\rho_{0\text{gas}} = \rho_{\text{gaz}} \left(\frac{p_0}{p} \right)^{(1-\gamma)}$ genişleme gösteren gazın yoğunluğu (kg/m³)

$p_{0\text{gas}}$, konteynır içindeki gazın yoğunluğu (kg/m³)

ifade etmektedir.

Konteynır içindeki gazın yoğunluğu Şu EŞitlik (3.46) yardımıyla elde edilir;

$$p_{\text{gas}} = \frac{P \times M}{R \times T} \quad (3.46)$$

3.4.18. Bölge boyutunun belirlenmesi

CEI 31-35 kılavuzunda tehlikeli bölgenin türünün ve bölgenin boyutlarının tayininde hassas noktalar verilmektedir.

Varsayımsal V_z hacmi tahmin edilirken, yanabilen maddenin salımı süresince devam eden dağılma mekanizmasının iyi bir Şekilde anlaşılması önem taşımaktadır. Esas olarak iki dağılma mekanizması vardır [12]:

a) Salım jetinin uç noktalarında hava tarafından kendiliğinden seyrelmenin gerçekteşmesi (sıfır rüzgâr hızı veya sıfır rüzgâr hızına yakın koşullarda veya salım jeti ile aynı yöne ve aynı hıza sahip eksenel rüzgâra sahip salım jetleri)

b) Hava hareketi/rüzgar tarafından seyreltilme (yüksek rüzgar hızına sahip düşük salım basıncı olan salım jetleri)

Birinci durumda, yanabilen maddenin seyreltilmesi, jet momentumundan kaynaklanan düzensiz difüzyonla sağlanırken, ikinci durumda bu rüzgâr tarafından sağlanmaktadır. Bu yüzden herhangi bir salım kaynağında yayılan potansiyel patlayıcı atmosferler için iki ana çeşit vardır [12]:

A) Momentum salım jeti

B) Pasif bulut.

Gerçek hayattaki uygulamalar için, sadece tek bir formda salımın gerçekteşmesi çok zordur. Genellikle, yaygın olan bazı faktörlere bağılı olarak (jet momentumu veya rüzgar) bu iki mekanizma birlikte gerçekteşmektedir [12].

Bu yüzden, hızlı bir değerlendirme yapabilmek amacıyla, bazı basit kılavuzlara ihtiyaç vardır. Her halükarda noktasal bir salım kaynağında yayılan potansiyel patlayıcı

ortamlar genellikle radyal genişleme açısından daha büyük veya daha küçük açıya sahip konik bir şekle sahip olacaktır. EN 60079-10-1:2015 ve CEI 31-35 uygulama kılavuzuna göre; V_z hacminin hesaplaması yapıldıktan sonra özellikle ses hızında (sonic) ve ses altında (subsonic) boşalma mevcut ise bu durumda hesaplama iki şekilde yapılması gerekmektedir [12]:

Tehlikeli alan mesafesinin (d_z) hesaplanması;

Gaz veya sıvı boşalması düşük hızda ise ($u_0 < 10 \text{ m/s}$) Eşitlik (3.47) kullanılmalıdır;

$$d_z = k_z \times \left(\frac{42300 \times Q_g \times f_{se}}{M \times k_{dz} \times LEL_v \times w} \right)^{0,55} \quad (3.47)$$

Gaz veya sıvı boşalması yüksek hızda ise ($u_0 \geq 10 \text{ m/s}$) Eşitlik 3.48 kullanılmalıdır.

$$d_z = \frac{1650}{k_{dz} \times LEL_v} \times (P \times 10^{-5})^{0,5} \times M^{-0,4} \times A^{0,5} \quad (3.48)$$

Diğer bir durumda ise; türbülanslı yüksek bir akışa sahip değil ise ve debisi Q_g biliniyorsa Eşitlik (3.49) kullanılmalıdır;

$$d_z = 50 \times \frac{M^{-0,65}}{k_{dz} \times LEL_v} \times \left(\frac{Q_g}{\phi \times c} \right)^{0,5} \times \left[\gamma \times \left(\frac{2}{\gamma+1} \right)^\beta \right]^{-0,25} \times T^{0,25} \quad (3.49)$$

Türbülanslı yüksek bir akışa sahip değil ise ve rüzgar hızı $2,5 \text{ m/s}$ 'den büyük değil ise Eşitlik (3.50) kullanılmalıdır;

$$d_z = k_z \times (p_v \times 10^{-5})^a \times M^b \times (k_{dz} \times LEL)^c \times A^d \times (4-w_a) \quad (3.50)$$

Tablo 3.10'da tehlikeli alan mesafe eşitliğinin buhar basıncına göre değişen üs değerleri verilmiştir [12].

Tablo 3.9. Tehlikeli alan mesafe eşitliğinin buhar basıncına göre değişen üs değerleri

Buhar basıncı (Pa)	Hava hızı (m/s)	Üs değerleri			
		a	b	c	d
$P_v < 2,10^4 (< 0,2 \text{ bar})$	$w_a \leq 0,5$	0,26	-0,0	-0,25	-0,67
$P_v \geq 2,10^4 (\geq 0,2 \text{ bar})$	$w_a \geq 0,5$	0,10	-0,10	-0,26	0,70

Yanıcı maddelerin geneli için, k_z katsayısı 1 alınabilir, ancak çok küçük molekül kütlesi (M) durumunda veya artan kimyasal konsantrasyonu % X_m ile k_z artar ve Eşitlik (3.51) ile hesaplama yapılabilir [12];

$$k_z = 0,9 \times 10^{\left(\frac{\%X_m}{k \times LEL_v}\right)} \quad (3.51)$$

Sıvılar ve açık alanlar için k_z 'nin genellikle 1 alınması CEI 31-35 uygulama kılavuzunda önerilmektedir [12].



4. UYGULAMA

4.1. Tesis Tanıtımı

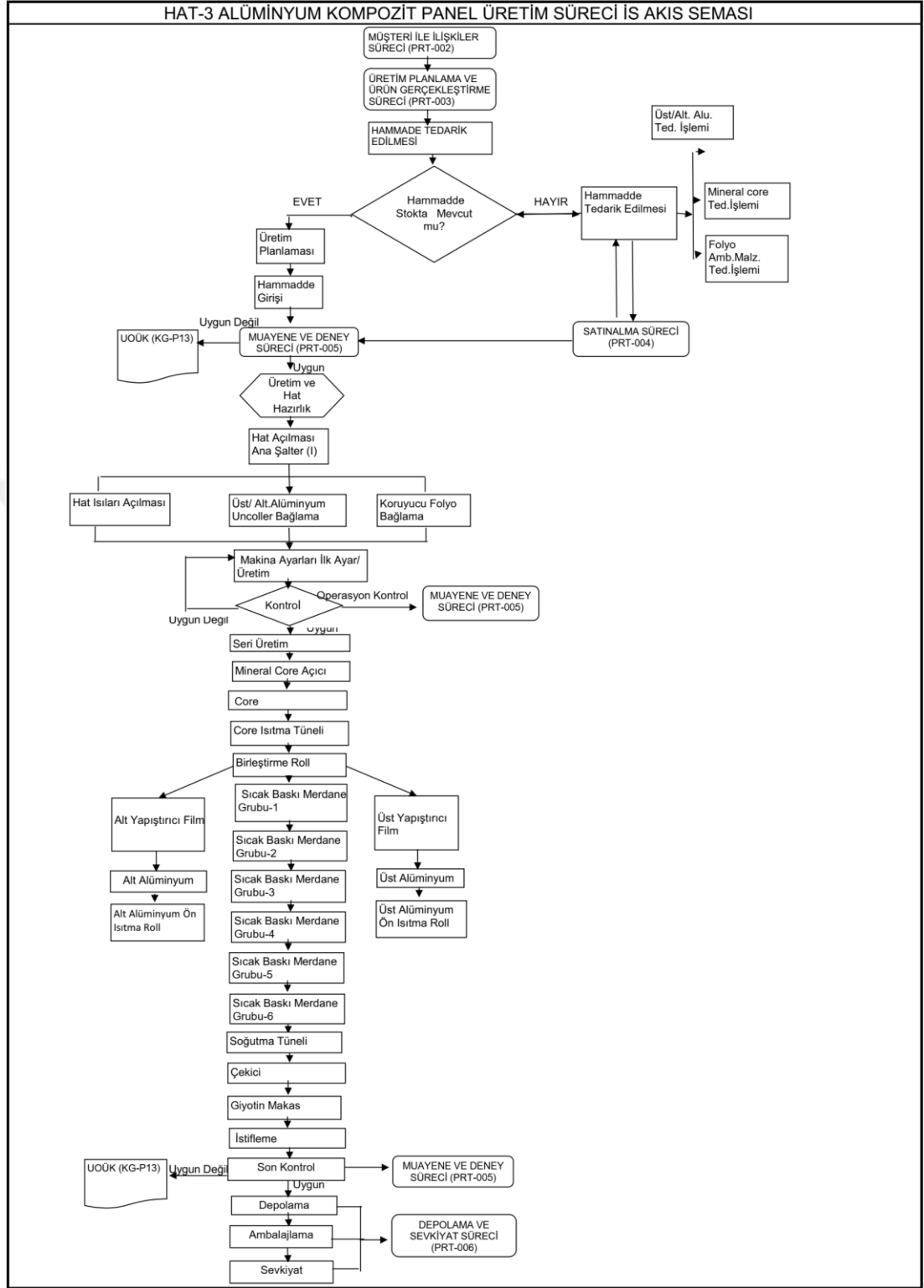
Faaliyet alanı kompozit panel üretimi olan işletmede Alüminyum Bobin Boyama hattı, ve bu hattı besleyen boya üretim hattı bulunmaktadır. Kompozit paneller boyahane bölümünde sıvı boyalar ile boyanmaktadır.

4.1.1. İş akışı

Alüminyum kompozit panel üretim sürecine ilişkin iş akış şeması şekil 4.1’de verilmiştir.

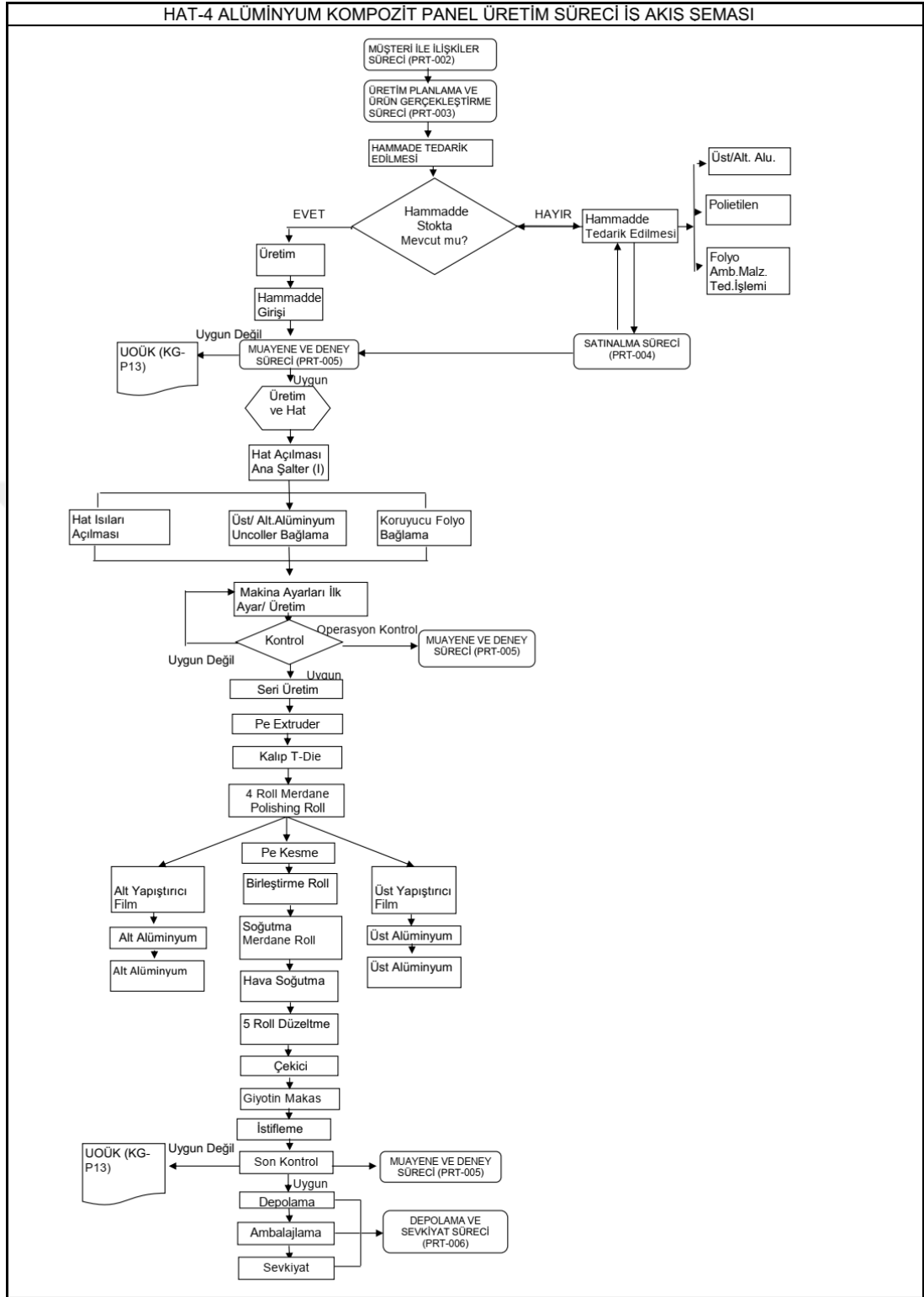
Hammaddenin tedarik edilmesi ile başlayan süreçte seri üretim yapılmaktadır. Alt alüminyum ve üst alüminyum parçaların birleştirilmesi ve akabinde sıcak baskı merdane grubunda şekillendirme işleminin yapılması, soğutma tüneline soğutma işleminin yapılması, giyotin makas ile boyutunun belirlenmesi ve son olarak nihai ürünün istiflenmesi ve ambalajlanması ile tamamlanmaktadır.

Alüminyum esaslı kompozit panel, iki adet alüminyum levha ve arasındaki düşük yoğunluklu polietilen dolgu malzemesinin kombine edilmesinden oluşan yapı malzemesidir. Polietilenin alüminyum levhaya yapışmasında yapıştırıcı granül kullanılmaktadır. Kompozit malzemenin üst kısmını oluşturan alüminyum levhanın boyalı olması sağlanarak yüksek yüzey dayanımını elde edilmektedir. Hafif ve estetik olması, çabuk ve kolay montaj edilebilmesi, iyi ses ve ısı yalıtımına sahip olması, çok çeşitli renk ve esnek proje uygulanabilirliği söz konusu panellerin öne çıkan özellikleridir.



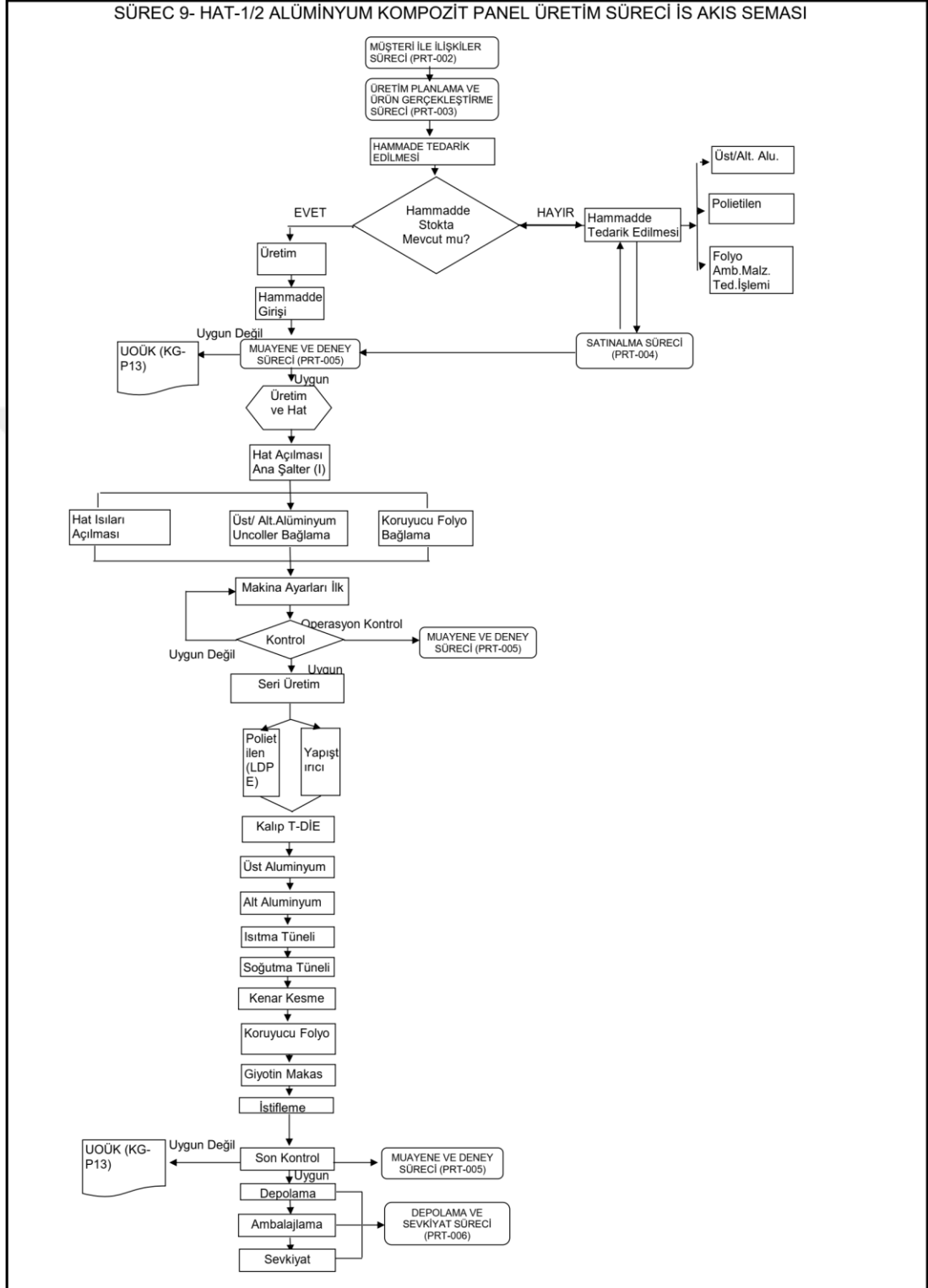
Şekil 4.1. Panel üretim süreci iş akış şeması-1

Alüminyum kompozit panel üretim sürecine ilişkin iş akış şeması Şekil 4.2’de verilmiştir.



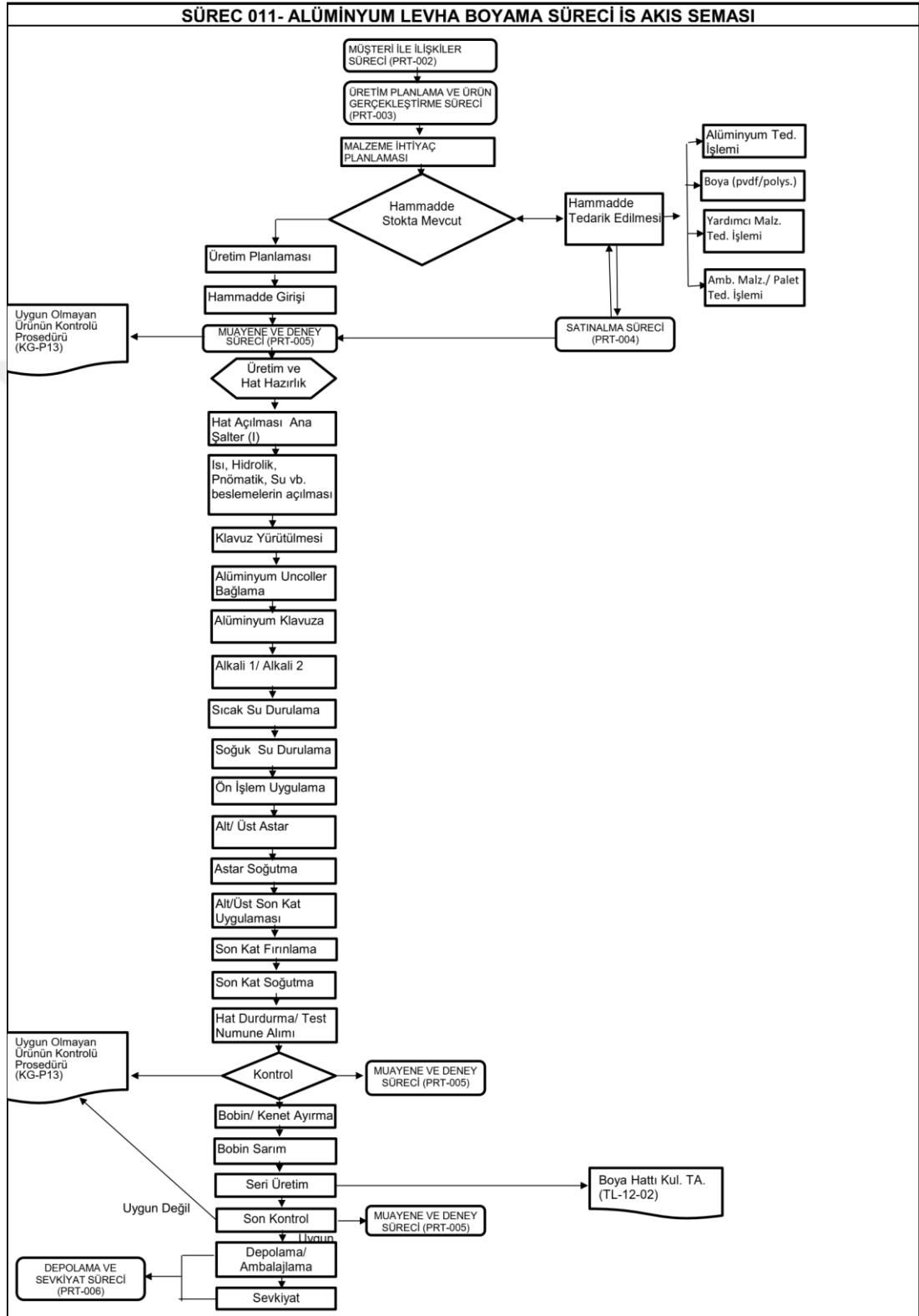
Şekil 4.2. Panel üretim süreci iş akış şeması-2

Alüminyum kompozit panel üretim sürecine ilişkin iş akış şeması Şekil 4.3'te verilmiştir.



Şekil 4.3. Panel üretim süreci iş akış şeması-3

Alüminyum kompozit panel boyama sürecine ilişkin iş akış şeması Şekil 4.4'te verilmiştir.



Şekil 4.4. Alüminyum kompozit panel boyama süreci iş akış şeması

4.2. EN 60079-10-1 ve CEI 31-35 Standartlarına Göre Bölge Hesaplamaları

Bölge (Bölge) Hesaplamaları ulusal mevzuat dikkate alınarak EN 60079 standardının da atıf yaptığı İtalya'nın ulusal uygulama kılavuzu dikkate alınarak yapılmıştır.

4.2.1. Yanıcı ve Parlayıcı Kimyasal Envanterinin Çıkarılması

Hesaplamalarda kullanılan işyerinde kullanılan tehlikeli kimyasalların özelliklerine ilişkin veriler işyerinde mevcut güvenlik bilgi formlardan elde edilerek aşağıda Şekil 4.5'te belirtilmiştir.

No	Kimyasal Ticari Adı	Kimyasal İçerik	%	Fiziksel Hal	Parlama Noktası °C	(LEL)	Yoğunluğu (kg/m ³)	Buhar Basıncı (Pa)	Kaynama Noktası °C
1	Eposki Backcoat-Beyaz	4-hidroksi-4-metilpentan-2-on	10-25	Sıvı	19	1,4	1,42	110	136
		ksilen	2,5-10						
		Hydrocarbons, C9 aromatics	2,5-10						
		1-metoksi-2-propanol	2,5-10						
		2-metoksi-1-metiletilasetat	0,1-2,5						
		2-metilpropan-1-ol	0,1-2,5						
		Etilbenzen	0,1-2,5						
bütanon	0,1-2,5								
2	DT 101-Temizlik Tineri			Sıvı	4	1,2	0,87	2900	108

Şekil 4.5. Yanıcı kimyasallara ilişkin bilgiler

4.2.2. Boyahane Bölümüne İlişkin Tespitler

Boyahane bölümünde boşalma kaynağı olarak tespit edilen alan ve ekipmanlara ilişkin aşağıdaki tespitler yapılmıştır.

4.2.2.1. Uygulama 1'e İlişkin Tespitler

- Astar boya uygulama odasında yer alan bu alanda Şekil 4.6'da gösterilen merdaneli boya makinesi mevcuttur.
- Sıvı kimyasal IBC'den pompa ile merdaneli yüzeyin olduğu yere basılıyor.
- Pompa basıncı: 6 bar
- Alandaki ekipmanlar exproof özelliindedir.
- Alanda yangın söndürme tüpü bulunmaktadır.
- Alan girişinde statik elektrik levhası bulunmaktadır.

- Alanda gaz kaçağını algılayacak detektör yoktur.



Şekil 4.6. Merdaneli boya makinesi

4.2.2.2. Uygulama 2'ye İlişkin Tespitler

- Astar boya uygulama odasında yer alan bu alanda Şekil 4.7'de görülen merdaneli boya makinesi tavalardan buharlaşma olmaktadır.
- 1 adet emniyet tahliye vanası bulunmaktadır.



Şekil 4.7. Merdaneli boya makinesi tavaları

4.2.2.3. Uygulama 3'e İlişkin Tespitler

- Asma boya katındaki bu alanda Şekil 4.8'de gösterilen 1 adet temizlik tineri varili (sağdaki) mevcuttur.
- Tiner varilinde 1 adet <DN 150 numune alma vanası mevcuttur.
- Alan Ölçüleri:

En: 14,5 m, Boy: 135 m, Yükseklik: 11 m

- Hava akım hızı: 0,1 m/s
- IBC çapı: 0,54 m



Şekil 4.8. Temizlik tiner varili (sağdaki)

4.2.3. Bölge Türü ve Boyutunun Tayinine İlişkin Hesaplamalar

Boyahanedeki bulunan yanıcı sıvı kimyasallardan epoksi boya ve temizlik tineri için Uygulama-1,2,3 başlıklarında belirtilen hesaplamalar sonucunda bölge türü ve boyutu tespit edilmiştir.

1 numaralı uygulamada merdanelere basınçlı boya püskürten pompa, 2 numaralı uygulamada makine tavalarındaki emniyet tahliye vanası, 3 numaralı uygulamada ise numune alma vanası boşalma kaynağı olarak tespit edilmiştir. Boşalma kaynaklarından yanıcı kimyasal sıvı boşalması sonucu buharlaşabilen bir havuz oluşacağı ve bu havuzun da bir patlayıcı gaz ortamı oluşturma tehlikesi olduğu değerlendirilerek oluşabilecek tehlikeli bölgenin türü ve boyutu (yarıçapı) tespit edilmiştir.

Hesaplamaların temelini öncelikle sıvı boşalma hızının tespiti ve sonrası oluşacak buharlaşabilen havuzdan gaz salınımına ilişkin gaz boşalma hızının tespiti oluşturmaktadır. Başlıca bu değerler ve hesaplama tablosunda yer alan diğer değerler kullanılarak ortamdaki muhtemel patlayıcı hacim, arka plan yoğunluğu tespit edilmiş sonrasında havalandırma derecesi ve kullanılabilirliği de kıymetlendirilerek bölge sınıfı ve bölge boyutu belirlenmiştir. Tablo 4.1, 4.2 ve 4.3’de uygulamalara ilişkin veriler ve hesaplama sonuçları yer almaktadır.

Tablo 4.1.Pompa için hesaplama sonuçları

Alan Bilgisi	
Tespit	Kapalı Alan;Astar boya uygulama odasında (üst kat) bulunan pompa için hesaplama yapılmıştır.
En (m)	5,9
Boy (m)	6,2
Yükseklik (m)	4
Fiziksel ve Kimyasal Bilgiler	
Kimyasal Adı-Fazı	Astar boya-Sıvı
Kaynama Noktası; KN (°C)	136
Buhar Basıncı; Pv (Pa)	110
Parlama Noktası; PN ©	19
Molekül Kütlesi; M (kg/kmol)	106,2
Alt patlayıcılık sınırı; LEL _v	1,4
LEL _m	6,183x10 ⁻²
Emniyet Faktörü; k	0,25
Kalite faktörü; fse	1
Havalandırma ve Ortam Sıcaklığı İle İlgili Bilgiler	
Gerçek Havalandırma Debisi, Q0 (m3/sn)	6,586
Hacim; Vo (m3)	145,35
Hava Değişimi Sayısı; Co (birim/sn)	4,531x10 ⁻²
Ortam Sıcaklığı; T (K)	293,15
Başlangıç Boşalma Konsantrasyonu; X0	5,428x10 ⁻²
Dökülmenin Etkisizleştirilme Süresi; tn (sn)	2700
Vo Mallinde Boşalma Kaynağı ve Derecesinin Belirlenmesi	
Tespit	Pompa (Salmastralı)
Boşalma Derecesi	Ana (Birincil)
Kesit Alanı Kabul;	Pompa Kaçağı (Salmastralı) için CEI 31-35 Uygulama Kılavuzundan yer alan 5 mm2 değeri kullanılmıştır.
Yanıcı Kimyasalın Boşalma Hızı	
Boşalma Kaynağındaki Azami Hız;(dG/dt)max (kg/sn)	
Atmosferik Basıncı; Pa (Pa)	101300
Sızıntı Yapan Geçit Boyuncu Görülen Basıncı Farkı, Δp (Pa)	600000
Delik Kesit Alanı; S (m2)	5x10 ⁻⁶
Delik Deşarj Katsayısı; Cd	0,6 (Düzensiz Kesitli Delik)
Kimyasal Madde Yoğunluğu; p (kg/m3)	1420
Sıvının Boşalma Hızı; Ql (kg/sn)	0,1238
Minimum Boşalma Derecesi Hesabı	
Minimum Kuramsal Havalandırma Debisi; Qamin (m3/sn)	0,01358
Ortamdaki Kimyasalın Kalıcılık Süresi	
Potansiyel patlayıcı ortamın kalıcılık süresi; t (sn)	~1
Ortamdaki Muhtemel Patlayıcı Hacim	
Gerçek patlayıcı karışım hacmi; Vex (dm3)	74,9
Arka Plan Yoğunluğu	
te boşalma zamanında sonra ortamda bulunan ortalama hacim konsantrasyonu; %Xte	3x10 ⁻⁵
ortamdaki kararlı halde bulunan ortalama yüzde konsantrasyonu; %Xr	3x10 ⁻⁵
Eş zamanlı boşalmaların olması durumunda ortalama konsantrasyonu; %Xm	6x10 ⁻⁵
k.LELv/f	0,35
Sızıntı Süresi; t (saat)	5400+2700+1=2,25
Bir Yıl İçerisinde Olası Patlayıcı Ortam	
Olasılık	0,001<P<=0,1 ==> Zone 2
Havalandırma Sonuç Bilgileri	
Havalandırma Derecesi	ORTA
Havalandırma Kullanılabilirlik (Uygunluk)	ORTA
Zone Sınıfı	
ZONE 1+ZONE2	
Rüzgar Hızı Bilgileri	
Havalandırma Engel Durumu	Engel var.
Kimyasalın Durumu	Havadan ağır gaz buhar
Zemin Seviyesinden Yükseklik	s<=2
Rüzgar Hızı	0,15
Havalandırma Hesabı	
Genel Havalandırma Debisi (m3/sn)	6,586
Lokal (Cebri Çekiş)	YOK
Doğal Havalandırma	YOK
Havuzun Buharlaşma Oranı	
Özgül Hacim; v0	0,227
U0;Qg.v0/c.A (m/sn)	8,409x10 ⁻⁷
Boşalma Hızı (m/sn)	U0<10
Aerosol/Sis	Oluşmaz
Kaçağa Müdahale Süresi; tp (sn)	5400 (Genel Gözetim)
Sıvı Göleti Derinliği; hm (m)	5x10 ⁻³ (Zemin Gözeneksiz)
Göletten Spesifik Buharlaşma Hızı; Qgs (kg/s.m2)	2,685x10 ⁻⁶
Ql/Qgs	46125,129
Ka	1,4 (Ql/Qgs>=4 m2)
Boşalma Volumetrik Debisi; Qvl (m3/sn)	8,721x10 ⁻⁵
A1 (m2)	94,19
A2 (m2)	64580
A (m2) (Seçilen)	94,19
req (m)	5,47
Havuzdan Buharlaşma Oranı; Qg	2,097x10 ⁻⁴
Patlayıcı Zone Yarıçapı	
kdz	0,5
kz	1
dz (m)	dz=kz×[(42300×Qg×fse)/(M×kdz×LELv×w)] ^{0,55} ==>(Gaz veya sıvı boşalması düşük hızda ise <10 m/s)
Zone Büyüklüğü	
1,65 metre	

Tablo 4.2. Tavalardaki buharlaşma için hesaplama sonuçları

Alan Bilgisi		
Tespit		Kapalı Alan;Astar boya uygulama odasında bulunan makine tavalarındaki buharlaşma için hesaplama yapılmıştır.
En (m)		5,9
Boy (m)		6,2
Yükseklik (m)		4
Fiziksel ve Kimyasal Bilgiler		
Kimyasal Adı-Fazı		Astar boya-Sıvı
Kaynama Noktası; KN (°C)		136
Buhar Basıncı; Pv (Pa)		110
Parlama Noktası; PN ©		19
Molekül Kütleli; M (kg/kmol)		106,2
Alt patlayıcılık sınırı; LEL _v		1,4
LEL _m		6,183x10 ⁻²
Emniyet Faktörü; k		0,25
Kalite faktörü; fse		1
Havalandırma ve Ortam Sıcaklığı İle İlgili Bilgiler		
Gerçek Havalandırma Debisi, Q0 (m3/sn)		6,821
Hacim; Vo (m3)		145,35
Hava Değişimi Sayısı; Co (birim/sn)		4,693x10 ⁻³
Ortam Sıcaklığı; T (K)		293,15
Başlangıç Boşalma Konsantrasyonu; X0		5,428x10 ⁻²
Dökülmenin Etkisizleştirilme Süresi; tn (sn)		2700
Vo Mallinde Boşalma Kaynağı ve Derecesinin Belirlenmesi		
Tespit		>DN 150 Bağlantı Noktası Açıklık/Yükleme Kapağı/Menhol/Yüzey
Boşalma Derecesi		Tali (ikincil)
Kesit Alanı Kabul;		Menhol/Yükleme Kapağı/Nefeslik için; CEI 31-35 Uygulama Kılavuzundan alınan 0,1 mm2 X (orifis kısmı) değeri kullanılmıştır.
Yanıcı Kimyasalın Boşalma Hızı		
Boşalma Kaynağındaki Azami Hız;(dG/dt)max (kg/sn)		
Atmosferik Basınc; Pa (Pa)		101325
Sızıntı Yapan Geçit Boyuncu Görülen Basınc Farkı, Δp (Pa)		110
Orifis Kısmı Alanı (mm2)		600
Delik Kesit Alanı; S (m2)		6x10 ⁻⁵
Delik Deşarj Katsayısı; Cd		1 (Emniyet Tahliye Vanası)
Kimyasal Madde Yoğunluğu; ρ (kg/m3)		1420
Sıvının Boşalma Hızı; Ql (kg/sn)		0,0354
Minimum Boşalma Derecesi Hesabı		
Minimum Kuramsal Havalandırma Debisi; Qamin (m3/sn)		0,002046
Ortamdaki Kimyasalın Kalıcılık Süresi		
Potansiyel patlayıcı ortamın kalıcılık süresi; t (sn)		~1
Ortamdaki Muhtemel Patlayıcı Hacim		
Gerçek patlayıcı kaçışım hacmi; Vex (dm3)		21,8
Arka Plan Yoğunluğu		
te boşalma zamanında sonra ortamda bulunan ortalama hacim konsantrasyonu; %Xte		8,73x10 ⁻⁶
ortamdaki kararlı halde bulunan ortalama yüzde konsantrasyonu; %Xr		8,73x10 ⁻⁶
Eş zamanlı boşalmaların olması durumunda ortalama konsantrasyonu; %Xm		1,75x10 ⁻⁵
k.LELv/f		0,7
Sızıntı Süresi; t (saat)		5400+2700+1=2,25
Bir Yıl İçerisinde Olası Patlayıcı Ortam		
Olasılık		0,001<P<=0,1 ==> Zone 2
Havalandırma Sonuç Bilgileri		
Havalandırma Derecesi		ORTA
Havalandırma Kullanılabilirlik (Uygunluk)		ORTA
Zone Sınıfı		
ZONE 1+ZONE2		
Rüzgar Hızı Bilgileri		
Havalandırma Engel Durumu		Engel var.
Kimyasalın Durumu		Havadan ağır gaz buhar
Zemin Seviyesinden Yükseklik		s<=2
Rüzgar Hızı		0,15
Havalandırma Hesabı		
Genel Havalandırma Debisi (m3/sn)		6,821
Lokal (Cebri Çekiş)		YOK
Doğal Havalandırma		YOK
Havuzun Buharlaşma Oranı		
Özgül Hacim; v0		0,227
U0;Qg.v0/c.A (m/sn)		5,615x10 ⁻⁷
Boşalma Hızı (m/sn)		U0<10
Aerosol/Sis		Oluşmaz
Kaçığa Müdahale Süresi; tp (sn)		5400 (Genel Gözetim)
Sıvı Göleti Derinliği; hm (m)		5x10 ⁻³ (Zemin Gözeneksiz)
Göletten Spesifik Buharlaşma Hızı; Qgs (kg/s.m2)		2,781x10 ⁻⁶
Ql/Qgs		12060,029
Ka		1,4 (Ql/Qgs>=4 m2)
Boşalma Volumetrik Debisi; Qvl (m3/sn)		8,362x10 ⁻⁵
A1 (m2)		25,51
A2 (m2)		1688
A (m2) (Seçilen)		25,51
req (m)		2,84
Göletten Buharlaşma Oranı; Qg		6,321x10 ⁻⁵
Patlayıcı Zone Yarıçapı		
kdz		0,75
kz		1
dz (m)		dz=kz*[(42300*Qg*fse)/(M*kdz*LELv*w)]^0,55=>(Gaz veya sıvı boşalması düşük hızda ise <10 m/s)
Zone Büyüklüğü		
		1,65 Metre

Tablo 4.3. Numune alma vanası için hesaplama sonuçları

Alan Bilgisi	
Tespit	Kapalı Alan;Astar boya uygulama odasında bulunan temizlik tiner varili alt bağlantısındaki >DN 150 numune alma vanası için hesaplama yapılmıştır.
En (m)	14,5
Boy (m)	135
Yükseklik (m)	11
Fiziksel ve Kimyasal Bilgiler	
Kimyasal Adı-Fazı	Temizlik Tineri-Sıvı
Kaynama Noktası; KN (°C)	108
Buhar Basıncı; Pv (Pa)	2900
Parlama Noktası; PN @	4
Molekül Kütleli; M (kg/kmol)	92,1
Alt patlayıcılık sınırı; LEL _v	1,2
LEL _m	4,6x10 ⁻²
Emniyet Faktörü; k	0,5
Kalite faktörü; fse	1
Havalandırma ve Ortam Sıcaklığı İle İlgili Bilgiler	
Gerçek Havalandırma Debisi, Q0 (m3/sn)	15,95
Hacim; Vo (m3)	21532,5
Hava Değişimi Sayısı; Co (birim/sn)	7,407x10 ⁻⁴
Ortam Sıcaklığı; T (K)	293,15
Başlangıç Boşalma Konsantrasyonu; X0	1,431
Dökülmenin Etkisizleştirilme Süresi; tn (sn)	2700
Vo Mallinde Boşalma Kaynağı ve Derecesinin Belirlenmesi	
Tespit	>DN 150 Bağlantı Noktası Numune Alma Dreyn Vanası
Boşalma Derecesi	Tali (İkincil)
Kesit Alanı Kabul;	Numune alma/dreyn vanası için; CEI 31-35 uygulama kılavuzundan alınan 0,1 mm2 X (orifis kısmı) değeri kullanılmıştır.
Yanıcı Kimyasalın Boşalma Hızı	
Boşalma Kaynağındaki Azami Hız;(dG/dt)max (kg/sn)	
Atmosferik Basıncı; Pa (Pa)	101325
Sızıntı Yapan Geçit Boyuncu Görülen Basıncı Farkı, Δp (Pa)	3410
Orifis Kısmı Alanı (mm2)	600
Delik Kesit Alanı; S (m2)	6x10 ⁻⁵
Delik Deşarj Katsayısı; Cd	0,6 (Düzensiz kesitli delik)
Kimyasal Madde Yoğunluğu; p (kg/m3)	870
Sıvının Boşalma Hızı; QI (kg/sn)	0,0365
Minimum Boşalma Derecesi Hesabı	
Minimum Kuramsal Havalandırma Debisi; Qamin (m3/sn)	0,004302
Ortamdaki Kimyasalın Kalıcılık Süresi	
Potansiyel patlayıcı ortamın kalıcılık süresi; t (sn)	1173
Ortamdaki Muhtemel Patlayıcı Hacim	
Gerçek patlayıcı karışım hacmi; Vex (dm3)	2904
Arka Plan Yoğunluğu	
te boşalma zamanında sonra ortamda bulunan ortalama hacim konsantrasyonu; %Xte	1,40x10 ⁻⁴
ortamdaki kararlı halde bulunan ortalama yüzde konsantrasyonu; %Xr	1,42x10 ⁻⁴
Eş zamanlı boşalmaların olması durumunda ortalama konsantrasyonu; %Xm	2,82x10 ⁻⁴
k.LELv/f	0,6
Sızıntı Süresi; t (saat)	5400+2700+1173=2,58
Bir Yıl İçerisinde Olası Patlayıcı Ortam	
Olasılık	0,001<P<=0,1 (0,1 saatten fazla ve 10 saate kadar)==>Zone 2
Havalandırma Sonuç Bilgileri	
Havalandırma Derecesi	ORTA
Havalandırma Kullanılabilirlik (Uygunluk)	ORTA
Zone Sınıfı	
ZONE 1+ZONE2	
Rüzgar Hızı Bilgileri	
Havalandırma Engel Durumu	Engel var.
Kimyasalın Durumu	Havadan ağır gaz buhar
Zemin Seviyesinden Yükseklik	s>=5
Rüzgar Hızı	1
Havalandırma Hesabı	
Genel Havalandırma Debisi (m3/sn)	15,95
Lokal (Cebri Çekiş)	YOK
Doğal Havalandırma	YOK
Havuzun Buharlaşma Oranı	
Özgül Hacim; v0	0,261
U0;Qg.v0/c.A (m/sn)	9,486x10 ⁻⁶
Boşalma Hızı (m/sn)	U0<10
Aerosol/Sis	Oluşmaz
Kaçışa Müdahale Süresi; tp (sn)	5400 (Genel Gözetim)
Sıvı Göleti Derinliği; hm (m)	5x10 ⁻³ (Zemin Gözeneksiz)
Göletten Spesifik Buharlaşma Hızı; Qgs (kg/s.m2)	2,225x10 ⁻⁵
QI/Qgs	164,239
Ka	1,4 (QI/Qgs>=4 m2)
Boşalma Volumetrik Debisi; Qvl (m3/sn)	4,2x10 ⁻⁶
A1 (m2)	4,536
A2 (m2)	229,9
A (m2) (Seçilen)	4,536
req (m)	1,202
Göletten Buharlaşma Oranı; Qg	9,889x10 ⁻⁵
Patlayıcı Zone Yarıçapı	
kdz	0,75
kz	1
dz (m)	dz=kz*[(42300*Qg*fse)/(M*kdz*LELv*w)]^0,55=>(Gaz veya sıvı boşalması düşük hızda ise <10 m/s)
Zone Büyüklüğü	
1,93 Metre	

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Boyahanelerde yanıcı kimyasalların oluşturduğu patlayıcı ortamın tayini ve buna ilişkin alınması gerekli tedbirlerin belirlenmesi hayati önem taşımaktadır.

Patlayıcı ortamın değerlendirmesinde tehlikeli kimyasalların envanterinin çıkarılması ve yanıcılık özelliklerinin değerlendirilmesi sonucunda, patlayıcı ortam oluşturma ihtimali olan kimyasallara ilişkin veriler derlenerek, ulusal ve uluslararası standartlarda yer alan teknik kurallara bütünüyle riayet edilerek patlayıcı ortam oluşturma ihtimali olan tehlikeli bölgeler belirlenebilmektedir. Söz konusu belirleme risk değerlendirmesinin bir parçası olup bu kapsamda ele alınması önemlidir.

Patlayıcı ortam değerlendirmesinin patlamadan korunma dokümanında ele alınması, söz konusu dokümanın ehil kişilerce hazırlanması ve belirtilen tedbirlerin işverence yerine getirilmesi mevzuatça zorunlu kılınmıştır. Patlayıcı ortama ilişkin tehlikeli bölgenin türünün ve boyutunun belirlenmesi dokümana ilişkin temel esaslardır.

Bu çalışmada ulusal mevzuat ve uluslararası düzenlemeler ışığında teknik kurallar ele alınarak bir boyahane patlayıcı ortam değerlendirmesine ilişkin patlayıcı ortam türü ve boyutunun belirlenmesi uygulaması yapılmıştır.

Çalışma sonucunda boyahanelerdeki sıklıkla rastlanan pompa, vana vb. boşalma kaynakları ile solvent bazlı boya, tiner vb. kimyasallara ilişkin olarak patlayıcı gaz ortamı değerlendirmesi uygulaması yapılmıştır. Söz konusu değerlendirmede TSE EN 60079-10-1 ulusal standardı ve standardın sıvı boşlaması sonucu oluşabilecek buharlaşabilen havuzlara ilişkin belirttiği kısıtlar ve atıflar dikkate alınarak İtalyan CEİ 31-35 uygulama kılavuzu referans alınmış ve tehlikeli bölge türü ve boyutunun belirlenmesi yapılmıştır.

Bu çalışmanın geliştirilmesinde tehlikeli bölgelerin değerlendirilmesinde ilgili standardın öngördüğü diğer ülke milli kılavuzlarının kullanılarak yapılacak çalışmaların karşılaştırılması ve yöntemlerin gerçekçiliğinin analiz edilmesi yararlı olacaktır.

KAYNAKLAR

- [1] Andrew F. M., *Introduction to Fire Safety Management*, 2007.
- [2] Kılıç A., *Ateşi Tutan Eller-Ateş Kahramanları*, İstanbul, 2010.
- [3] Ergür S. H., Makine Endüstrisinde Karşılaşılan Toz Patlaması Olayı ve Atex Yönergeleri, *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 2012, **15**, 9.
- [4] University of Reading, *Safety Code of Practice 24: Dangerous Substances and Explosive Atmospheres Regulations*, 2018.
- [5] TS EN 60079-10-1:2009, Patlayıcı Gaz Atmosferler, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara, 2011.
- [6] Çalışanların Patlayıcı Ortamların Tehlikelerinden Korunması Hakkında Yönetmelik, 2013.
- [7] TS EN 60079-10-1:2015, Patlayıcı Gaz Atmosferler, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara, 2015.
- [8] Executive, Health and Safety Laboratory for the Health and Safety, *RR980 Generation of flammable mists from high flashpoint fluids: Literature review*, , 2013.
- [9] IEC 60079-10-2:2015, *International Electrotechnical Commission (Uluslararası Elektroteknik Komisyonu)*, 2015.
- [10] N. F. P. Association, *Flammable and Combustible Liquids Code (NFPA 30)*, 2008.
- [11] Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelik, 2007.
- [12] CEI 31-35, Patlayıcı Ortamları Sınıflandırma Kılavuzu, *Comitato Elettrotecnico Italiano*, 2011
- [13] Tommasini R., Pons E., Palamara F., Area Classification for Explosive Atmospheres: Comparison Between European and North American Approaches, *Ieee Transactions On Industry Applications*, 2014, **50**, 25-27.

- [14] Center for Chemical Process Safety, , *Guidelines For Chemical Process Quantitative Risk Analysis*, 2nd ed, American Institute of Chemical Engineers, 2011, **10**, 33-34.



KİŞİSEL YAYIN VE ESERLER

- [1] **Duman O.**, Erdoğan F.O, Dökümhanelerde Kullanılacak Kişisel Koruyucu Donanımların Belirlenmesi ve Kullanımı, *Uluslararası Marmara Fen ve Sosyal Bilimler Kongresi*, Kocaeli, 26-28 Nisan 2019.
- [2] **Duman O.**, Erdoğan F.O, Döküm Sektöründe Kullanılan Tehlikeli Kimyasallar, *Uluslararası Marmara Fen ve Sosyal Bilimler*, Kocaeli, 26-28 Nisan 2019.



ÖZGEÇMİŞ

1989 yılında İstanbul'da doğdu. İlköğrenim, ortaokul ve lise öğrenimini İstanbul Kartal ilçesinde tamamladı. 2007 yılında başladığı Yıldız Teknik Üniversitesi-Metalurji ve Malzeme Mühendisliği bölümünden 2012 yılında ve Anadolu Üniversitesi İşletme Fakültesi, İşletme bölümünden 2016 yılında mezun oldu. Özel sektörde metal sanayinde bir dönem mühendis olarak çalışmış olup 2013 yılından beri Aile, Çalışma ve Sosyal Hizmetler Bakanlığı'nda İş Müfettişi olarak çalışmaya devam etmektedir.

