

**KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**BİR AĞAÇ İŞLEME TESİSİNDE PATLAYICI ORTAM
RİSKİNİN İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ YÖNÜNDEN
İNCELENMESİ VE PATLAMADAN KORUNMA ÇALIŞMALARI**

ÖZER YILMAZ

KOCAELİ 2019

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ
ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

BİR AĞAÇ İŞLEME TESİSİNDE PATLAYICI ORTAM
RİSKİNİN İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ YÖNÜNDEN
İNCELENMESİ VE PATLAMADAN KORUNMA
ÇALIŞMALARI

ÖZER YILMAZ

Dr. Öğr. Üyesi Taner ERDOĞAN
Danışman, Kocaeli Üniversitesi

Prof.Dr. Önder UYSAL
Jüri Üyesi, Kütahya Dumlupınar Üniversitesi

Doç.Dr. Ercan ARPAZ
Jüri Üyesi, Kocaeli Üniversitesi



Tezin Savunulduğu Tarih: 10.07.2019

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

İnsanlık tarihinde madenlerin çıkartılması ve işlenmesi ile başlayan, sanayi devrimi ile ivme kazanan ve günümüzde devam eden bu süreçte İş Sağlığı ve Güvenliği kapsamında ilk olarak çalışanın güvenliği daha sonra işletmenin güvenliği ve en son üretimin güvenliği ile beraberinde gelen çevre güvenliğinin sağlanmasına yönelik adımlar atılmıştır. Endüstride gerek hammadde olarak kullanılan gerekse proses sürecinde ortaya çıkan yanıcı ve patlayıcı toz kaynaklı patlayıcı ortamlar ile karşılaşmaktadır. Bu çalışmada bir ağaç işleme tesisinde toz kaynaklı patlayıcı ortam oluşma risklerine yönelik risk değerlendirmesi çalışmaları yapılarak mevcut durum ortaya konmuş ve toz patlamalarına karşı alınacak birincil, ikincil ve üçüncül önlemler hakkında bilgi vermek amaçlanmıştır.

Bu çalışmada risk değerlendirme metodolojisinde yer alan FMEA risk analizinde, patlayıcı ortamlar ve toz patlamaları konularında bana yol gösteren, desteklerini esirgemeyen değerli danışmanım Dr. Öğr. Üyesi Taner ERDOĞAN'a teşekkür ederim. Ayrıca maddi ve manevi desteklerini hiç esirgemeyen aileme başta babam Mustafa YILMAZ, annem Saniye YILMAZ, sevgili eşim Sevinç YILMAZ, canım oğlum Emirhan YILMAZ ve canım kızım Ela Nur YILMAZ'a varlıkları için sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Mayıs – 2019

Özer YILMAZ

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR	i
İÇİNDEKİLER	ii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vi
TABLolar DİZİNİ	viii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	ix
ÖZET.....	x
ABSTRACT.....	xi
GİRİŞ	1
1. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI.....	3
1.1. Tanımlar.....	3
1.1.1. Yanma	3
1.1.1.1. Yavaş yanma.....	3
1.1.1.2. Hızlı yanma.....	3
1.1.1.3. Parlama ve patlama.....	3
1.1.1.4. Kendi kendine yanma	3
1.1.2. Patlama.....	4
1.1.2.1. Patlama oluşabilecek tesis örnekleri.....	5
1.1.3. Patlayıcı madde	6
1.1.4. Patlayıcı ortam	6
1.1.5. Patlama türleri	6
1.1.6. Hibrid karışım	6
1.1.7. Patlama sınırları	6
1.1.7.1. Alt alevlenebilirlik sınırı (LFL).....	6
1.1.7.2. Üst alevlenebilirlik sınırı (UFL).....	6
1.1.8. Toz.....	6
1.1.9. Patlayıcı toz.....	7
1.1.10. Toz patlama beşgeni.....	7
1.1.11. Patlayıcı karışım: Yanıcı gaz, buhar, sis veya toz.....	8
1.1.11.1. Gazlar.....	8
1.1.11.2. Sıvılar.....	8
1.1.11.3. Katı maddeler, tozlar	8
1.1.12. Hava: Oksijen.....	9
1.1.13. Tutuşturucu kaynaklar.....	9
1.1.13.1. Elektrik ark ve kıvılcımı	9
1.1.13.2. Sıcak yüzeyler.....	10
1.1.13.3. Mekanik sürtünme ile çıkan kıvılcım	10
1.1.13.4. Statik elektriklenme	10
1.1.13.5. Açık alev ve akkor haldeki parçacıklar	10
1.1.13.6. Adiyabatik basınç, şok dalgası	10
1.1.13.7. Yıldırım düşmesi ve elektrikli hava şartları	11
1.1.13.8. Ultrasonik ses dalgaları	11
1.1.13.9. Mikro dalgalar	11
1.1.13.10. Görünür ışık.....	11

1.1.14. Patlayıcı tozlu ortam	11
1.1.15. İletken toz.....	11
1.1.16. İletken olmayan toz	11
1.1.17. Uçuşan yanıcı parçacıklar	12
1.1.18. Patlayıcı gaz ortamları tehlikeli alan sınıflandırılması.....	12
1.1.18.1. Bölge 0.....	12
1.1.18.2. Bölge 1.....	12
1.1.18.3. Bölge 2.....	12
1.1.19. Yanıcı toz bulutu sebebiyle tehlikeli alan	12
1.1.19.1. Bölge 20.....	12
1.1.19.2. Bölge 21.....	13
1.1.19.3. Bölge 22.....	13
1.1.20. Toz salım kaynağı	13
1.1.21. Sürekli salım derecesi	13
1.1.22. Birincil salım derecesi.....	13
1.1.23. İkincil salım derecesi.....	13
1.1.24. Normal çalışma koşulları	13
1.2. Temel Bilgiler	14
1.2.1. Tehlikeli alanlara göre örnek bölgeler	14
1.2.1.1. Bölge 20 tehlikeli alana örnek bölgeler.....	14
1.2.1.2. Bölge 21 tehlikeli alana örnek bölgeler.....	14
1.2.1.3. Bölge 22 tehlikeli alana örnek bölgeler.....	14
1.2.2. Tozlar için tehlikeli bölge işaretlemeleri.....	15
1.2.3. Patlayıcı ortamlar ortaya çıkış biçimi	15
1.2.4. Toz patlamasına etki eden faktörler	16
1.2.4.1. Partikül boyutu	16
1.2.4.2. Toz konsantrasyonu	16
1.2.4.3. Tutuşma sıcaklığı (MIT).....	17
1.2.4.4. Karıştırılmış inert toz konsantrasyonu.....	17
1.2.4.5. Yanıcı gazların varlığı	17
1.2.4.6. Patlama şiddeti (Kst)	17
1.2.4.7. Minimum tutuşma enerjisi (MIE).....	18
1.2.4.8. Maksimum patlama basıncı (Pmax)	18
1.2.4.9. Toz patlama sınıfı	18
1.2.5. Toz patlama aşamaları.....	19
1.2.5.1. Kapalı ekipman içinde patlama olayının başlaması	19
1.2.5.2. Bina boyunca yayılan akustik dalgalar.....	20
1.2.5.3. Yankılanan şok dalgaları	20
1.2.5.4. Yankılanan şok dalgaları sonucu oluşan toz bulutu	21
1.2.5.5. Birincil patlama sonrası muhafazanın yarılması	21
1.2.5.6. Yankılanan şok dalgaları	22
1.2.5.7. İkinci patlama ile patlamanın iç alana yayılması.....	22
1.2.5.8. İkinci patlama binada tahribat	23
1.2.5.9. İkincil patlama sonrası bina çökmesi ve kalan toz nedeniyle yangın	23
1.3. Patlamadan Korunma Çalışmaları	24
1.3.1. Patlamadan korunma çalışmalarının gerçekleştirilme nedeni.....	24
1.3.2. Patlamadan korunma çalışmalarının gerçekleştirilme süreci.....	24
1.3.2.1. Planlama	24

1.3.2.2.	İşyerinde olası patlayıcı ortamların sınıflandırılması	24
1.3.2.3.	Bilgi toplama	24
1.3.2.4.	Tehlikelerin tanımlanması ve risklerin analizi	25
1.3.2.5.	Mevcut risklerin değerlendirilmesi ve önlemlerin belirlenmesi	25
1.3.3.	Patlamaya karşı alınabilecek önlemler.....	25
1.3.3.1.	Birincil önlemler.....	25
1.3.3.2.	İkincil önlemler.....	26
1.3.3.3.	Üçüncül koruma	26
1.3.4.	Amerikan standardının yorumu ile toz patlama etkisinin azaltılması	27
1.3.4.1.	Olası patlamaya karşı dayanıklı tasarım yapılması	27
1.3.4.2.	Havalandırma uygulamaları	27
1.3.4.3.	Baskılama yöntemi	28
1.3.4.4.	Patlamanın izolasyonu	28
1.3.5.	Patlayıcı ortamlarda kullanılan ekipmanlar ve seçim kriterleri.....	28
1.3.5.1.	CE işareti	28
1.3.6.	Ex-proof koruma tipleri.....	33
1.3.6.1.	Alev sızdırmazlık d-tipi sınıfı koruma.....	33
1.3.6.2.	Artırılmış emniyet e-tipi sınıfı koruma.....	33
1.3.6.3.	Basıncılı tip p-tipi Sınıfı Koruma	34
1.3.6.4.	i tipi sınıfı koruma	34
1.3.6.5.	o tipi sınıfı koruma	35
1.3.6.6.	q tipi sınıfı koruma	35
1.3.6.7.	m tipi sınıfı koruma	36
1.3.7.	Yasal mevzuat bilgileri	36
1.3.7.1.	ATEX mevzuatı.....	36
1.3.7.2.	Türkiye ve Avrupa Birliği üye ülkelerinde tehlikeli alan sınıflandırmaları	37
1.3.7.3.	Kuzey Amerika yorumu ve Division sistemi	38
1.3.8.	Dünyada yaşanmış toz patlamaları.....	40
2.	ÖRNEK UYGULAMA	43
2.1.	Risk Analizi	43
2.1.1.	Hata türleri ve etkileri analizi - FMEA	43
2.1.2.	Hata türleri ve etkileri analizi - FMEA türleri	43
2.1.2.1.	Tasarım FMEA	43
2.1.2.2.	Proses FMEA.....	43
2.1.2.3.	Sistem FMEA	44
2.1.2.4.	Hizmet FMEA	44
2.1.3.	FMEA süreci	44
2.1.1.	Hata türü ve etkileri analizinin(FMEA) bileşenleri	45
2.1.2.	FMEA risk analizi sonucunun değerlendirilmesi.....	47
2.1.3.	Tesis tanıtımı ve ağaç işleme tesisinde kullanılan ekipmanlar.....	47
2.1.4.	Risk analizi uygulaması	49
2.2.	Patlamadan Korunma Çalışmaları	50
2.2.1.	Tesis yerleşim planı.....	50

2.2.2. Tehlikeli bölge tipi ve boyutu belirleme çalışmaları.....	50
3. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	53
KAYNAKLAR	55
EKLER.....	57
KİŞİSEL YAYIN VE ESERLER	66
ÖZGEÇMİŞ	67



ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Yanma üçgeni.....	4
Şekil 1.2. Patlama üçgeni	4
Şekil 1.3. 1785-2012 yılları arası endüstri toz patlamaları dağılımı	5
Şekil 1.4. Patlama beşgeni.....	8
Şekil 1.5. 1785-2012 yıl arası toz patlamalarında tutuşturucu kaynak.....	9
Şekil 1.6. Tozlar için tehlikeli bölge işaretlemeleri.....	15
Şekil 1.7. Kapalı ekipman içinde patlama gösterilmektedir.....	19
Şekil 1.7. Kapalı ekipman içinde patlama	19
Şekil 1.8. Bina boyunca yayılan akustik dalgalar.....	20
Şekil 1.9. Bina boyunca yayılan akustik dalgalar.....	20
Şekil 1.10. Bina boyunca yayılan akustik dalgalar.....	21
Şekil 1.11. Birincil patlama sonrası muhafazanın yarılması	21
Şekil 1.12. Birincil patlama sonrası muhafazanın yarılması	22
Şekil 1.13. İkinci patlama ile patlamanın iç alana yayılması	22
Şekil 1.14. İkinci patlama ile patlamanın iç alana yayılması	23
Şekil 1.15. İkincil patlama sonrası bina çökmesi ve kalan toz nedeniyle yangın.....	23
Şekil 1.16. CE işareti	29
Şekil 1.17. ATEX etiketi	31
Şekil 1.18. ATEX örnek etiketi	31
Şekil 1.19. Kuzey Amerika’da örnek bir etiketleme	32
Şekil 1.20. ATEX uyarı tabelası ve sembolü	32
Şekil 1.21. d sınıfı koruma	33
Şekil 1.22. e sınıfı koruma.....	33
Şekil 1.23. p sınıfı koruma	34
Şekil 1.24. i sınıfı koruma	34
Şekil 1.25. o sınıfı koruma	35
Şekil 1.26. q sınıfı koruma	35
Şekil 1.27. m sınıfı koruma	36
Şekil 1.28. Patlayıcı ortam tehlikesi işareti	37
Şekil 1.29. Dünyada yaşanmış toz patlamaları.....	41
Şekil 1.30. ABD’de yaşanmış toz patlamaları.....	41
Şekil 1.31. Çin’de yaşanmış toz patlamaları	41
Şekil 1.32. Farklı dönemlerde kaza başına ölümler / yaralanmalar	42
Şekil 2.1. FMEA süreci	45
Şekil 2.2. Açılı gönye kesme makinesi	48
Şekil 2.3. Baş kesme makinesi	48
Şekil 2.4. Freze tezgâhı	48
Şekil 2.5. Planya makinesi.....	49
Şekil 2.6. Şerit kesme makinesi.....	49
Şekil 2.7. Tesis genel yerleşim planı	50
Şekil 2.8. Toz toplama sistemi bölge gösterimi	51

Şekil 2.9. Toz toplama sistemi olmayan kesim makinelerinin bölge gösterimi.....	51
Şekil 2.10. Toz toplama sisteminin içi ve çevresi bölge gösterimi	52
Şekil 2.11. Tesis genel yerleşim tehlikeli alan modelleme	52



TABLULAR DİZİNİ

Tablo 1.1. İngiliz standardına göre önlem önerileri (ÇASGEM).....	18
Tablo 1.2. St sınıflandırması.....	18
Tablo 1.3. Örnek toz patlama sınıfları.....	19
Tablo 1.4. CE işareti gerektiren ürün grupları.....	29
Tablo 1.5. Teçhizat gruplarının kategoriler halinde sınıflandırılması	30
Tablo 1.6. Ürünlerin işaretlenmesi	31
Tablo 1.7. Zone ve Division mukayese tablosu	39
Tablo 2.1. Zararın oluşma olasılığı.....	46



SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

$(dp/dt)_{maks}$: Maksimum basınç artış hızı
μm	: Mikrometre
V	: Hacim, (m ³)
Ωm	: Özdirenç birimi

Kısaltmalar

ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
ATEX	: Atmosphere Explosible (Patlayıcı Atmosfer)
BS	: British Standart (İngiliz Standartları)
CEN	: European Standardization Committee (Avrupa Standartlar Komitesi)
Ex-proof	: Kıvılcım Çıkartmayan
FMEA	: Failure Mode Effect Analysis (Hata Modu ve Etkileri Analizi Yöntemi)
GBF	: Güvenlik Bilgi Formu
İSG	: İş Sağlığı ve Güvenliği
KKD	: Kişisel Koruyucu Donanım
Kst	: Patlama Şiddeti
LFL	: Lower Flammability Limit (Alt Patlama Sınırı)
LPG	: Liquid Petroleum Gas (Likit Petrol Gaz)
MIE	: Minimum Ignition Energy (Minimum Tutuşma Enerjisi)
MIT	: Minimum Ignition Temperature (Minimum Tutuşma Sıcaklığı)
NEC	: The National Electrical Code (Amerikan Ulusal Elektrik Yönetmeliği)
NFPA	: National Fire Protection Associaton (Ulusal Yangından Korunma Birliği)
PKD	: Patlamadan Korunma Dokümanı
Pmax	: Maksimum Patlama Basıncı
TSE	: Türk Standartları Enstitüsü
UFL	: Upper Flammability Limit (Üst Patlama Sınırı)

BİR AĞAÇ İŞLEME TESİSİNDE PATLAYICI ORTAM RİSKİNİN İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ YÖNÜNDEN İNCELENMESİ VE PATLAMADAN KORUNMA ÇALIŞMALARI

ÖZET

Bu çalışmada patlayıcı ortam patlamaları ve toz patlamaları hakkında literatür araştırmaları yapılmış ve bir ağaç işleme tesisinde toz patlamalarına yönelik patlama önleme ve patlamadan korunma çalışmaları yürütülmüştür. Çalışma üç kısımdan oluşmaktadır. Birinci kısımda patlayıcı ortam patlamalarıyla ilgili tanımlamalara, teorik bilgilere, mevzuat hakkında bilgilere, patlamadan korunma çalışmalarının tarihsel gelişimine ve dünyada meydana gelen toz kaynaklı patlama örneklerine yer verilmiştir. İkinci kısımda, bir ağaç işleme tesisinde yürütülen risk değerlendirmesi, patlama önleme ve patlamadan korunma çalışmaları hakkında bilgiler verilmiştir. Son kısımda ise genel bir değerlendirme yapılarak konu hakkında öneriler sıralanmıştır.

Anahtar Kelimeler: ATEX, FMEA Risk Analizi, Patlamadan Korunma, Patlayıcı Ortamlar, Toz Patlamaları.

INVESTIGATION OF EXPLOSIVE ATMOSPHERE RISK IN A WOODWORKING PLANT IN TERMS OF OCCUPATIONAL HEALTH AND SAFETY AND EXPLOSION PROTECTION STUDIES

ABSTRACT

In this study, literature investigations about explosive atmosphere explosions and dust explosions have been carried out and explosion prevention and explosion protection studies have been carried out for dust explosions in a woodworking plant. The study consists of three parts. In the first part, definitions, theoretical information, legislation information, historical development of explosion protection studies and examples of dust induced explosions in the world are given. In the second part, information about risk assessment, explosion prevention and explosion protection studies which have been carried out in the woodworking plant are given. In the final part of the study, a general evaluation has been made and suggestions are listed.

Keywords: ATEX, Failure Mode and Effects Analysis, Explosion Protection, Explosive Atmospheres, Dust Explosions.

GİRİŞ

İnsanoğlu doğaya karşı hayatta kalmak için çok mücadele vermiştir. Ateşin bulunması ile ağ atlamış, ilk aletin bulunması ve geliştirilmesiyle sadece toprağın üstündeki değil toprak altındaki madenleri de çıkarıp işlemiştir. İnsanlık tarihi boyunca yaşanan teknik gelişmelere paralel olarak çalışma koşulları da değişmiştir. 18. yüzyılda başlayıp 19. yüzyıla kadar süren sanayi devriminde en büyük yenilik daha önce insan gücüne dayalı üretim yapılırken sanayi devrimi ile birlikte makinelerin devreye girmesi olmuştur. Sanayide giderek yaygınlaşan bu makineler buhar gücüyle çalışıyordu. Daha önce yakıt olarak odun kullanılan bu makinelerde zamanla odun yerine kömürün kullanılması ile makineler daha fazla kullanılmaya başlanmıştır. Madenlerde elektrik enerjisinin kullanılması ise 20. yüzyılın başlarına karşılık gelmektedir. Maden ocaklarından çıkarılan kömür miktarı arttıkça madenlerde patlayıcı ortam kavramı da ortaya çıkmaya ve yaygınlaşmaya başladı.

Grizu tehlikesi madenlerde uzun sreden beri biliniyordu. Maden ocaklarında kullanılacak elektrikli aletlerin risk oluşturup oluşturmadığı proaktif bir yaklaşımla araştırılıyordu. Bir patlama riski ile karşı karşıya kalınmadan önce gerekli önlemler alınarak olası kazaların önüne geçilmeye çalışılıyordu. Kısaca reaktif yaklaşım yerine proaktif yaklaşımla zmler üretilmeye çalışılıyordu. Madenciye güvenli bir çalışma ortamı hazırlamak için çaba gösterilmiştir. İlk olarak madenlerde grizu tehlikesine karşı alınacak önlemler maden ocaklarının kendi şartlarına göre çalışmaları yapılmıştı. Günümüzde uygun deney yöntemleri geliştirilerek standart haline getirilmekte ve bu standartlar kullanıma sunulmaktadır. Ülkemizde Türk Standartları Enstitüsü tarafından bu standartlar yayınlanmaktadır.

19. Yüzyıldan itibaren geliştirilen buharlı gemilerde kalorisi yüksek kömüre ihtiyaç duyulmasından ötürü yeraltı taşkömürüne olan ihtiyaç artmış, yeraltı madenlerinde gerçekleştirilen çalışmaların artmasıyla bu yerlerde güvenliğin sağlanması büyük önem kazanmıştır.

Yeraltı kömür madenlerinde karşılaşılan en önemli tehlikelerden biri grizudur. Grizu kömür madenlerinde sıklıkla oluşan patlayıcı bir gaz olup kömür madeninde doğal olarak bulunan metan gazı ile ocak açıldıktan sonra madene giren havanın karışması sonucu oluşur. Madenlerde metan gazının oluşmasına neden ise uzun süre havasız yerde kalarak çürüyen bitkilerdir. Yeraltı kömür madenlerinde çalışma alanlarının aydınlatılmasın için petrol lambaları kullanılırken bu lambaların açık aleviyle temas etmesi sonucu grizu patlamaktaydı. Derinlere inildikçe artan grizu (metan gazı) miktarı aydınlatma amaçlı kullanılan petrol lambaları için tehlike arz ediyordu.

Madenlerde yaşanan bu tehlikeli duruma ilk önlem İngiliz kimyager Sir Davy'nin 19. yüzyılda kendi adı ile bilinen "davy emniyet lambası"dır. Bu lamba da petrol ile çalışmakta olup ancak özel ızgaraları sayesinde içeride yanan ateşi dışarı vermemekteydi. Bu lambanın bir avantajı da madende artan grizu miktarına bağlı olarak alevin uzamasıydı. Alevdeki uzamayı gören madenciler derhal çalışma ortamını terk ederek olası patlamadan korunmuş oluyorlardı. Geliştirilen ve kurşun oksit ile çalışan baş lambaları kullanılmaya başlandığında ise maden kazalarında çok büyük bir düşüş oldu [1].

20. yüzyılın başlarında sanayi gelişimine bağlı olarak madenlerde elektrikli ekipmanların tehlike oluşturmadan nasıl kullanılacağı ile ilgili laboratuvarlar kurulmaya başlanmıştır. Bu dönemde gerek iletişim gerekse uluslararası fikir alışverişi olmadığından her ülke yaşadığı bu sorunları kendi sistemini geliştirerek çözmeye çalışmaktaydı. Ülkeler kendi bünyesinde laboratuvarlar ve test merkezleri kurmuşlardı. Bunun sonucu olarak her ülke özellikle maden ve petrokimya sanayisinde kendi standartlarını yayınlamıştır ki bu durum günümüzde de devam etmektedir. Patlayıcı ortamların sıklıkla oluştuğu petrokimya ve gaz gibi sanayi kollarında, madenlerde yaşanan ve elde edilen bilgiler doğrultusunda işin başındayken önlemler alınmaktadır.

1. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

1.1. Tanımlar

1.1.1. Yanma

Yanıcı maddelerin ısı ve oksijen ile birleşerek zincirleme reaksiyona girme olayına yanma denir. Bunlardan biri yoksa yanma olayı meydana gelmez. Şekil 1.1'de gösterildiği üzere gibi üç unsurun bir araya gelmesinden oluşmaktadır. Bu üç bileşen bir araya gelerek ve birbirini tetiklemesi sonucu yanma meydana gelir. Yanma pek çok farklı şekilde sınıflandırılabilir gibi yanma çeşitleri aşağıdaki gibidir.

1.1.1.1. Yavaş yanma

Yanıcı maddenin oksijen miktarının yeterli olmadığı durumlarda yeterli miktarda ısı, buhar ve gaz üretmediği durumlarda meydana gelir. Canlıların hücre solunumu olayı da bir nevi yavaş yanma olayıdır [2].

1.1.1.2. Hızlı yanma

Alev ve ısı gibi yanma olayının tüm belirtilerinin meydana geldiği olaydır. Örneğin: Odun, kömür gibi doğrudan doğruya yanabilen gazlar çıkarırlar.

1.1.1.3. Parlama ve patlama

Parlama benzin gibi kolayca ateş alan maddelerde görülür. Patlama ise tamamen çok aniden meydana gelen bir yanma olayıdır. Patlamada; anlık bir parlama ile yanan madde gaz fazına geçerek hacim olarak genişlemesi sonucu bulunduğu kabın çeperini zorlamakta ve patlamalar olmaktadır [2].

1.1.1.4. Kendi kendine yanma

Yavaş yanmanın zamanla hızlı yanmaya dönüşmesi halidir. Özellikle bitkisel kökenli yağlı maddeler normal hava ısısı ve oksijeni içinde kolaylıkla oksitlenmektedir. Bu

oksitlenme sırasında ise gittikçe artan bir ısı çıkmaktadır. Alevlenmesi için gerekli ısı değerine ulaştığında ise kendi kendine yanma olayı meydana gelir.

Tipik bir yanma üçgeni Şekil 1.1’de gösterildiği gibidir.



Şekil 1.1. Yanma üçgeni [2]

1.1.2. Patlama

Patlamanın tanımı pek çok farklı şekilde yapılabilmekle birlikte bu tanımlardan biri şu şekildedir: Yanma özelliğine sahip bir maddenin oksijen ile hızlı bir şekilde kimyasal bir tepkimeye girmesi sonucu yüksek derecede enerjinin açığa çıkması olayıdır. Yanmaya benzer şekilde patlama için de patlama üçgeni verilmektedir. Tipik bir patlama üçgeni Şekil 1.2’de gösterildiği gibidir.

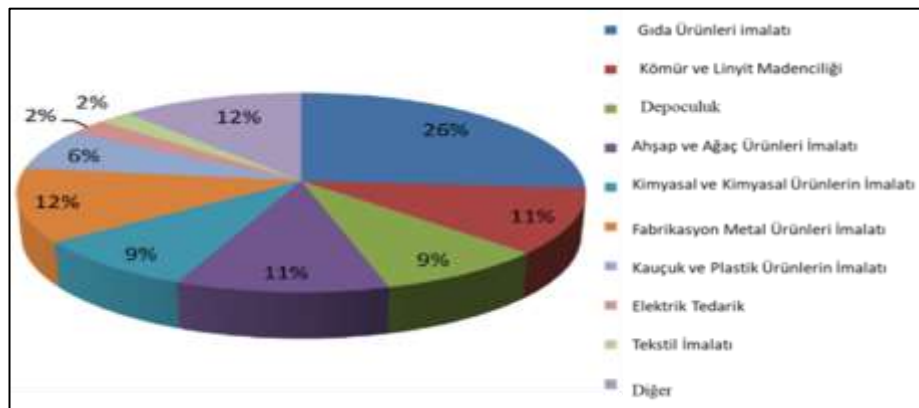


Şekil 1.2. Patlama üçgeni [2]

1.1.2.1. Patlama oluşabilecek tesis örnekleri

- Ağaç İşleme Endüstrisi
- Deri İmalatçıları
- Boya – Tiner Üreticileri
- Pamuk Deposu
- Likit Petrol Gaz Depolama Alanları
- Rafinerileri
- Doğalgaz Dağıtım İstasyonları
- Akü İmalat Yapan Tesisler
- Analiz Laboratuvarları
- Boyahane ve Fırın Olan Yerler
- Kişisel Bakım Ürün İmalatçıları
- Yeraltı ve Yerüstü Maden Ocakları
- Sanayi Tesislerinde Doğalgaz Tesisleri
- Kimyasal Madde Üretim Tesisi
- Çöp İşleme Yerleri
- Kömür İşletmeleri
- Metal Sektörü
- Yem Fabrikaları
- İlaç Sektörü
- Matbaacılar [3,4]

Şekil 1.3’de 1785-2012 yılları arası endüstri toz patlamaları dağılımı verilmiştir.



Şekil 1.3. 1785-2012 yılları arası endüstri toz patlamaları dağılımı [5]

1.1.3. Patlayıcı madde

Çevreye zarar verecek sıcaklıkta, basınçta ve hızda gaz üretme hususunda kendiliğinden kimyasal tepkimeye sebep olabilecek katı veya sıvı bir madde veya maddeler karışımıdır [6].

1.1.4. Patlayıcı ortam

Atmosferik koşullar altında, yanıcı gaz, buhar, toz, lif ya da uçabilen partiküllerin hava ile karışımıdır [6].

1.1.5. Patlama türleri

Hidrojen, LPG ve metan gibi gaz kaynaklı patlamalar ile oluşan patlamalara gaz patlamaları denir [6]. Şeker tozu, un tozu, ahşap tozu gibi toz kaynaklı patlamalara ise toz patlamaları denmektedir.

1.1.6. Hibrid karışım

Alevlenebilir gaz ve buharın toz ile karışım halidir.

1.1.7. Patlama sınırları

1.1.7.1. Alt alevlenebilirlik sınırı (LFL)

Daha altındaki seviyelerde patlayıcı gaz ortamının oluşmayacağı, havadaki alevlenebilir gaz, buhar veya sis derişimidir.

1.1.7.2. Üst alevlenebilirlik sınırı (UFL)

Daha üstündeki seviyelerde patlayıcı gaz ortamının oluşmayacağı, havadaki alevlenebilir gaz, buhar veya sis derişimidir.

1.1.8. Toz

NFPA, “toz”u, 420 µm’den veya daha az çapta, ince bölünmüş bir katı olarak tanımlar. İngiliz standardı BS 2955:1958’e göre, partikül boyutu 1000 µm’den küçük olan malzemeler “pudra” olarak tanımlanırken, 76 µm’den küçük partikül boyutlu malzemeler “toz” olarak tanımlanmaktadır [7,8].

Üretim proseslerinde kullanılan hammadde veya nihai ürün olarak elde edilen tozların büyük bir çoğunluğu patlayıcı özelliğe sahiptir. Bu kapsamda tozlu ekipmanların kullanıldığı tesislerde toz patlama olayının gerçekleşme olasılığı oldukça fazladır.

1.1.9. Patlayıcı toz

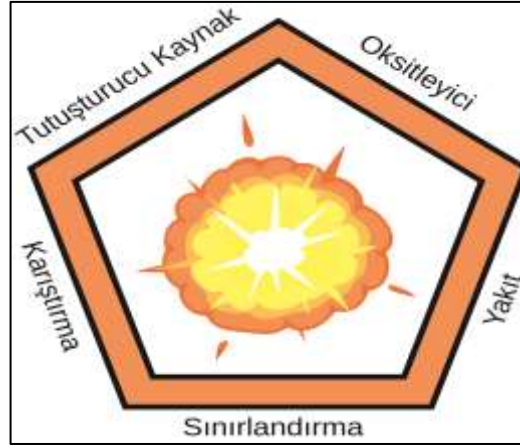
Tozun tutuşa bilirliliği kavramı; havada asılı kalan normal boyutu 500 µm ve bu değerin altında çok iyi öğütülmüş kendi bulunduğu ortamda kendi ağırlığıyla ayrışabilen havada asılı kaldığında yanıcı ve parlayıcı özelliğine sahip normal şartlar altında hava ile karışımları patlayabilen katı parçacıklardır.

Toz patlamalarında en önemli parametrelerden biri partikül boyutudur. Partikül boyutları küçüldüğünde hem hava ile daha iyi karışma sağlanacağından hem de hava ile temas eden yüzey alanı büyük ölçüde artacağından dolayı meydana gelen yanma çok hızlı bir şekilde gerçekleşecek ve bir patlamayla sonuçlanacaktır.

Toz halindeki yanıcı maddenin hava ile karışımı kapalı bir proseste meydana geldiğinde içindeki basınç artar. Basınç arttıkça kap çeperlerine baskı yaparak tahribata sebep olur. Yanıcı ve patlayıcı toz tozlara örnek olarak, kömür, ahşap ve ürünleri, gıda ürünleri ve metal tozları verilebilir.

1.1.10. Toz patlama beşgeni

Yanmanın bir toz patlamasına dönüşmesi için karıştırma ve sınırlandırma olarak iki bileşenin olması gerekmektedir. Bu iki bileşen eklendiğinde toplam beş bileşen olacağından yanma üçgeni yerine patlama beşgeni olarak adlandırılmaktadır. Bu ilave iki bileşenden bir tanesi ortamdan uzaklaştırılırsa patlama önlenmiş olur fakat yanma olayı devam edebilir. Tipik bir patlama beşgeni Şekil 1.4'de gösterildiği gibidir.



şekil 1.4. Patlama beşgeni [1]

1.1.11. Patlayıcı karışım: Yanıcı gaz, buhar, sis veya toz

1.1.11.1. Gazlar

Doğalgaz, araçlarda ve evde kullanılan LPG, sanayide kullanılan asetilen ve hidrojen patlayıcı gazlara örnek olarak verilebilir. Bu gazlar havadaki oksijen ve tutuşturucu bir kaynağın varlığında patlayabilir. Patlama ancak yanıcı maddenin hava ile belirli oranda karışımının ki buna patlayıcı ortam denir, tutuşturucu kaynakla temasında meydana gelebilir. Burada bahsedilen belirli oran, her kimyasal maddeye özel bir alt ve st patlama sınırına karşılık gelen LFL ve UFL ile belirlenir.

1.1.11.2. Sıvılar

Yanıcı sıvılar olarak en çok bilinenler petrol ürünleridir. Benzin tiner gibi petrol ürünleri olan sıvılar sıcaklığın etkisiyle buharlaşarak sıvı buharına dönüşür. Sıvıların sıcaklığın etkisiyle bir tutuşturucu kaynak varlığında anlık bir alev meydana getirebilecek lde sıvı buharı üretebildiği en düşük sıcaklık değerine parlama noktası denir. Parlama noktası, yanıcı sıvılar için en önemli güvenlik kriterlerinden biri olup bu değer ne kadar düşük ise sıvının bir patlama meydana getirme ihtimali o kadar yüksektir.

1.1.11.3. Katı maddeler, tozlar

Toz bulutu, tozların havadaki oksijen ile meydana getirdiği karışımdır. Tozlar tesiste en çok ekipmanlar üzerinde veya tesis zemininde ince bir tabaka halinde bulunurlar. Ortamda bulunan yanıcı tozlar, tesisin çalışması esnasında açığa çıkan ısı veya

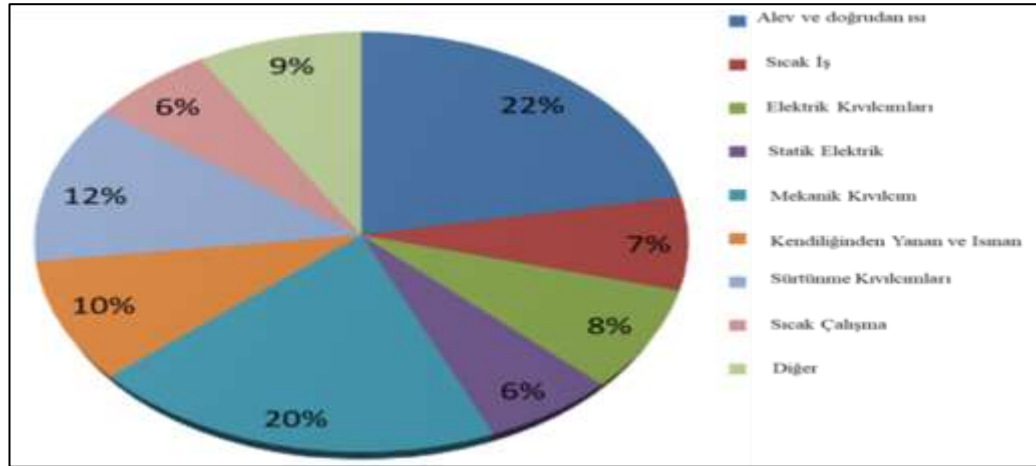
dışarıdan gelen bir ısı kaynağı ya da başka tutuşturucu kaynaklarının etkisiyle patlama meydana getirebilir. İlk patlamadan sonra oluşan şok dalgaları tesis içinde toplanan veya çöken tozları havaya kaldırarak yeni bir patlayıcı toz bulutu oluşturabilir. Oluşan bu toz bulutu ikinci bir patlama meydana getirebilir ki bu patlamalara ikincil patlamalar denir. Çoğu zaman ikincil patlamalar, ilk patlamaya göre daha şiddetli olabilmektedir. Bu patlama daha sonra oluşan toz bulutlarının patlamasına sebep olarak domino etkisi ile birbirini takip eden ardışık bir reaksiyona başka bir ifade ile artarda bir patlamaya dönüşür. Toz patlamaları bazen gaz patlamalarından daha şiddetli ve daha yüksek tahribata neden olabilmektedir.

1.1.12. Hava: Oksijen

Atmosferde normal şartlar altında yaklaşık %78 azot ve yaklaşık %21 oranında oksijen bulunmaktadır.

1.1.13. Tutuşturucu kaynaklar

Şekil 1.5'de 1785-2012 yılları arası toz patlamalarında tutuşturucu kaynak dağılımı gösterilmiştir.



Şekil 1.5. 1785-2012 yıl arası toz patlamalarında tutuşturucu kaynak [5]

1.1.13.1. Elektrik ark ve kıvılcımı

Elektriksel ark ve kıvılcım; elektrik akımının yalıtkan olan hava aracılığıyla iletilmesi sonucu ortaya çıkmaktadır. Meydana gelen bu kıvılcım patlayıcı ortam söz konusu olduğunda tehlikelidir.

1.1.13.2. Sıcak yüzeyler

Elektrik aletleri çalışırken ısınabilirler, sadece elektrikli alet olarak düşünmemek gerekir. Mekanik aletlerde çalışma esnasında yaydıkları ısıda patlayıcı ortamlarda tehlikeli olabilir. Çalışma ortamlarında sadece elektriksels ekipmanlar değil mekanik ekipmanlara da dikkate almak gerekir.

1.1.13.3. Mekanik sürtünme ile çıkan kıvılcım

Patlayıcı ortamda taş motoru gibi kıvılcım çıkaran bir el aleti kullanılmaz veya kullanılmamaktadır. Kıvılcım çıkaran bir ekipman patlayıcı ortam dışına çıkarılarak tehlike bertaraf edilebilir. Fakat proste iki metal birbirine çarpması sonucu kıvılcım çıkma olasılığı da göz ardı edilemez.

1.1.13.4. Statik elektriklenme

Çok sinsi ve tehlikelidir. Bir balonun giysimize sürttükten sonra kâğıdı çekmesini gözlemlememiz bizleri çok eğlendiren bir durumdur. Eğlenceli bu olay endüstride büyük patlamalar ve zararlara sebep olmaktadır. Tesislerde modernizasyon ve planlı veya plansız duruşlarda sürtünme ile elektriklenmeyen özel araçlar konveyör bandı gibi ekipmanlar kullanılmalıdır. Çalışanların bu konuda bilgilendirilmesi alınan önlemlere ek olarak patlayıcı ortama giriş ve çıkış alanlarına statik elektrik boşaltma levhaları konulmalıdır. Unutulmamalıdır ki patlayıcı ortamlar için statik elektrik bir tehlike kaynağıdır.

1.1.13.5. Açık alev ve akkor haldeki parçacıklar

Yapılacak ısı işlem ve kesme sırasında açığa çıkan sıcak parçacıklar ve kullanılan açık alevde özellikle tozların oluşturduğu patlayıcı ortam için tehlike kaynağıdır.

1.1.13.6. Adiyabatik basınç, şok dalgası

Tüp şeklinde olup, düşük basınçta çalışan aletler patlama kaynağı teşkil edebilirler. Örneğin floresan tüpleri, kırıldıklarında tehlikeli olabilmektedirler. Yalnız bu olay tüpün kırılış şekline bağlıdır. Adiyabatik basınç sıkışması olabilmesi için tüpün ortadan değil ucundan kırılmış olması gerekir [18].

1.1.13.7. Yıldırım düşmesi ve elektrikli hava şartları

Çok yüksek miktarda enerjiye sahip olan yıldırım patlayıcı ortama düştüğü anda patlayıcı ortamı ateşlemez tesis veya alana büyük zararlar verir. Ayrıca yangının çıkmasına da sebep olabilir. Çözüm olarak paratonerler kurularak ve topraklama ile bu tehlike bertaraf edilebilir.

1.1.13.8. Ultrasonik ses dalgaları

Mekanik dalgalar enerjiye sahip oldukları için ısınmaya neden olabilirler. Patlayıcı ortamda çalışacak bu tip ekipmanların sadece elektriksel donanımların değil çıkardıkları ses ve mekanik dalgalar yönünden dikkate alınması gerekmektedir.

1.1.13.9. Mikro dalgalar

Belli bir dalga boyuna sahip manyetik dalgaların ısındıkları gözlenmiştir. Özellikle kızıl ötesi ışınla çalışan el aletleri yüzeylerde ısınmaya neden olabilir.

1.1.13.10. Görünür ışık

Belli bir dalga boyuna sahip dalgalar, ışınlar ve ekzotermik reaksiyonlar tepkime sonrasında dışarıya ısı verdikleri için patlayıcı ortam için tehlike oluşturabilir.

1.1.14. Patlayıcı tozlu ortam

Tutuşma sonrasında kendi kendine devam eden bir yayılmaya yol açan toz biçimindeki alevlenebilir maddelerin atmosferik şartlar altında havayla karışmasıdır.

1.1.15. İletken toz

Elektriksel özdirenci $10^3 \Omega\text{m}$ 'ye eşit veya daha az olan yanıcı tozlardır.

1.1.16. İletken olmayan toz

Elektriksel özdirenci $10^3 \Omega\text{m}$ 'den büyük olan yanıcı tozlardır.

1.1.17. Uçuşan yanıcı parçacıklar

Atmosferik basınçta ve normal sıcaklıklarda havayla patlayıcı karışım oluşturabilen, anma büyüklüğü 500 µm'den büyük olan, elyaflar içeren katı parçacıklardır.

1.1.18. Patlayıcı gaz ortamları tehlikeli alan sınıflandırılması

Donanımın yapılış, tesis ve kullanımında özel tedbirlerin alınmasına ihtiyaç duyacak miktarlarda patlayıcı gaz ortamının bulunması beklenen veya beklenebilen alandır.

1.1.18.1. Bölge 0

Gaz, buhar ve sis halindeki yanıcı maddelerin hava ile yaptığı karışımından oluşan patlayıcı ortamın sürekli olarak veya uzun süreli ya da sık sık oluştuğu yerdir.

1.1.18.2. Bölge 1

Gaz, buhar ve sis halindeki yanıcı maddelerin hava ile yaptığı karışımından oluşan patlayıcı ortamın normal çalışma koşullarında ara sıra meydana gelme ihtimali olan yer.

1.1.18.3. Bölge 2

Gaz, buhar ve sis halindeki yanıcı maddelerin hava ile yaptığı karışımından oluşan patlayıcı ortam oluşturma ihtimali olmayan yerler ya da böyle bir ihtimal olsa bile patlayıcı ortamın çok kısa bir süre için kalıcı olduğu yerlerdir.

1.1.19. Yanıcı toz bulutu sebebiyle tehlikeli alan

Donanımın yapılış, tesis ve kullanımında özel tedbirlerin alınmasını gerektirecek miktarlarda bulut biçimindeki yanıcı tozun bulunduğu veya bulunması beklenebilen alandır.

1.1.19.1. Bölge 20

Havada bulut halinde bulunan tutuşabilir tozların, sürekli olarak veya uzun süreli ya da sık sık patlayıcı ortam oluşturabileceği yerlerdir.

1.1.19.2. Bölge 21

Normal çalışma şartlarında, havada bulut halinde bulunan tutuşabilir tozların ara sıra patlayıcı ortam oluşturabileceği yerler.

1.1.19.3. Bölge 22

Normal çalışma şartlarında, havada bulut halinde bulunan tutuşabilir tozların patlayıcı ortam oluşturma ihtimali bulunmayan ancak böyle bir ihtimal olsa bile bunun yalnızca çok kısa bir süre için geçerli olduğu yerler.

1.1.20. Toz salım kaynağı

Tozun ortama salınabileceği muhtemel olan nokta veya yer olarak adlandırılır [6].

1.1.21. Sürekli salım derecesi

Sürekli olan veya sıklıkla ya da uzun periyotlar boyunca meydana gelmesi beklenen salımlardır [6].

1.1.22. Birincil salım derecesi

Normal çalışma sırasında periyodik olarak veya arada sırada meydana gelmesi beklenebilen salım türüdür [6].

1.1.23. İkincil salım derecesi

Normal çalışma sırasında meydana gelmesi beklenmeyen ancak gerçekleşirse yalnızca seyrek olarak ve kısa periyotlarla meydana gelebilen salım çeşididir.

1.1.24. Normal çalışma koşulları

Tasarım parametrelerinin dahilinde kurulum yapıp, çalıştırılması anlamını ifade eder [6].

1.2. Temel Bilgiler

1.2.1. Tehlikeli alanlara göre örnek bölgeler

1.2.1.1. Bölge 20 tehlikeli alana örnek bölgeler

- İçerisinde toz bulunan bölgeler, alanlar (doldurma hunileri, silolar, siklonlar, filtreler vb.)
- Toz taşıma sistemleri (konveyör bantlar ve zincirler)
- Karıştırıcılar, kurutucular, torbalama ekipmanları

1.2.1.2. Bölge 21 tehlikeli alana örnek bölgeler

- İçerisinde toz bulunan alanların kapılarından itibaren patlayıcı toz atmosfer mevcut alanlar
- İçerisinde toz bulunan alanların dışındaki patlayıcı toz atmosfer oluşumunu engellemek için ölçüm yapılmamış ve tedbir alınmamış doldurma boşaltma noktaları
- İçerisinde toz bulunan alanların dışındaki proses operasyonlarına bağlı olarak patlayıcı toz atmosfer oluşturma olasılığı yüksek toz katmanları
- Devamlı dolu veya nadiren boşaltılan silolar gibi toz içeren alanlar
- Geniş temizlenme periyodu olan alanlar,(kirli filtreler gibi.)

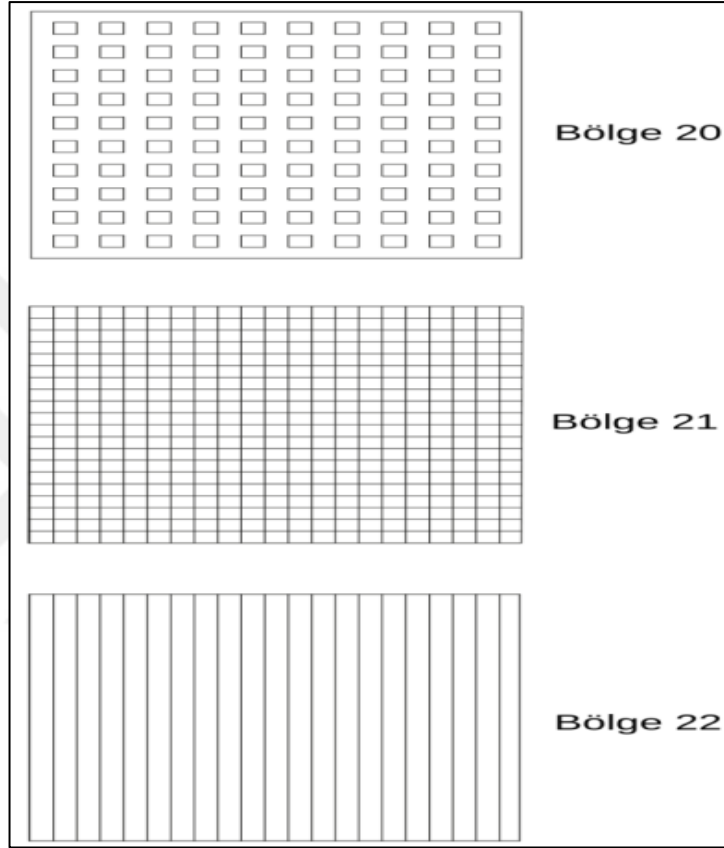
1.2.1.3. Bölge 22 tehlikeli alana örnek bölgeler

- Bir arıza durumunda patlayıcı toz atmosfer yayabilen alanlar (toz filtre dışları gibi).
- Tozun uçmasına, sızmasına elverişli seyrek aralıklarla açılan ekipmanların yakınındaki alanlar (pnömatik donanım veya hasar oluşabilecek esnek bağlantılar.)
- Toz ürünlerin depolandığı alanlar (torbaların elleçlenmesinde toz emisyonuna sebep olabilir).
- Yapılan ölçümler ve havalandırma ile patlayıcı toz atmosfer oluşumunu engellemek için revize edilmiş alanlardır (Bölge 21 alanını Bölge 22'ye düşürmek için) (Doldurma boşaltma bölgelerinde besleme noktaları, numune alma yerleri vb. yerlerde alınan önlemler).

- Patlayıcı toz atmosfer olasılığı olan toz katmanlarının temizleme ile ortadan kaldırıldığı alanlar

1.2.2. Tozlar için tehlikeli bölge işaretlemeleri

Şekil 1.6’da tozlar için tehlikeli bölge işaretlemeleri verilmiştir.



Şekil 1.6. Tozlar için tehlikeli bölge işaretlemeleri [6]

1.2.3. Patlayıcı ortamlar ortaya çıkış biçimi

Patlayıcı ortam anlamına gelen ve “ATmosphéres EXplosives” kelimelerinin ilk iki harfleri alınarak oluşturulan ATEX kelimesidir. 1 Temmuz 2003 tarihinden itibaren ATEX direktifleri Avrupa Birliği’nde uygulanmaya konulmuştur [9].

İlgili Bakanlık tarafından yayınlanan “Patlayıcı Ortamların Tehlikelerinden Çalışanların Korunması Hakkında yönetmeliğinde patlayıcı ortama dikkat çekilmiş yanıcı maddelerin gaz, buhar, sis ve tozlarının atmosferik şartlar altında hava ile oluşturduğu ve herhangi bir tutuşturucu kaynakla temasında tümüyle yanabilen karışım olarak tanımlanmıştır.

Patlayıcı ortamın oluşması için üç bileşenin bir araya gelmesi gerekmektedir. Bu üç bileşen sırasıyla; a) Yanıcı madde (gaz, buhar, sis ya da toz olabilir) b) Hava (oksijen) c) Tutuşturucu kaynak. Patlamanın oluşabilmesi için olması gereken miktarı ile ilgili bilgi belirtilmemiştir. Diğer iki bileşen için yanıcı madde ile havanın oluşturduğu karışımdaki yanıcı madde-hava oranı alt patlama limiti ve üst patlama limiti olarak tanımlanmaktadır. Yeterli oksijen miktarı LFL, UFL ve LOC değerleri ile belirleniyor. Buna ek olarak patlayıcı ortamda konsantrasyon miktarı yeterli değilse fakir karışım, konsantrasyon miktarı çok fazla ise zengin karışım olarak ifade edilir. Konsantrasyon miktarının az veya çok fazla olması patlamanın gerçekleşecek anlamına gelmez. Patlayıcı karışım belli bir aralık değerindeki bu fiziksel ve kimyasal özelliklerinde her kimyasal madde için o kimyasala özel bir değerdir. Bu değerler alt ve üst patlama değerleridir.

1.2.4. Toz patlamasına etki eden faktörler

1.2.4.1. Partikül boyutu

Yüzey alanını ne kadar büyürse patlamanın büyüklüğü de o kadar daha artar. Bazı istisnai durumlarda toz parçacıkların boyutunun çok küçük olması durumunda toz parçacıklarının birleşerek öbikleşmesine sebep olmaktadır. Bu öbikleşmeyi meydana getiren toz parça boyutlarının belli bir değerinde ki bu her madde için spesifik olan bu değerde tutuşma gerçekleşmez.

1.2.4.2. Toz konsantrasyonu

Toz patlamasının meydana gelebilmesi için ortamda yanıcı bir toz varlığının yeterli şartları sağlamamaktadır. Ortamda bulunan her maddeye özel toz miktarının belirli bir konsantrasyonda olması şarttır. Bu maddeye özel spesifik konsantrasyon değerine ulaştığında toz bulutunda patlama meydana gelir.

Karışımın tutuşturulması için gereken en düşük konsantrasyon miktarı en düşük yakıt parçacığının miktarına bağlıdır. Konsantrasyon ile tutuşma enerjisi arasında parabolik bir ilişki söz konusudur. Bu parabolik ilişki ters orantılı olarak konsantrasyonu artarken tutuşma enerjisi azalma eğilimi gösterir. Maksimum

konsantrasyon limitleri de, patlama için gereken minimum oksijen miktarına bakarak belirlenir [10].

1.2.4.3. Tutuşma sıcaklığı (MIT)

İçinde yanıcı bir toz bulunan hava karışımı ısıtılmaya başlanırsa belli bir sıcaklık değerinde alev alır. Tutuşmanın meydana gelebileceği en düşük sıcaklığa minimum tutuşma sıcaklığı denir. Ortamda nem ve inert mevcudiyetinde MIT değeri artar. Parçacık boyutu artar fakat küçülen parçacık boyutu, oksijen miktarı ve ortamda toplanan toz kalınlığının da MIT değeri azalır. Patlama önlemede mutlaka MIT'in ölçülerek tespit edilmesi gerekmektedir.

1.2.4.4. Karıştırılmış inert toz konsantrasyonu

Toz üzerinde sodyum bikarbonat veya potasyum bikarbonat önleyici etkisi kullanılarak yapılan bir inertleşme ile birlikte toz parlamalarının engellenebileceği ve maksimum patlama basıncının makul bir seviyeye indirilebileceğini Chatrathi ve Going'in deneyleri göstermiştir [11]. Kullanılan inert maddenin ısı iletkenliği gibi özelliklerinin mevcut tozun özellikleri ile uyumlu olması gerekmektedir.

1.2.4.5. Yanıcı gazların varlığı

Tozlu ortamda bir de yanıcı gaz mevcudiyeti varsa, tozun patlayıcılığı da artar. Buna bağlı olarak minimum patlayıcı konsantrasyonu ve minimum ateşleme enerjisi ve sıcaklık değerlerinde azalma görülür. Patlayıcılığa bağlı olarak Pmax değeri hızla yükselir. Ortamda yanıcı gaz varlığında patlayıcı toz konsantrasyonu ve minimum patlayıcı gaz limitlerin altında bile olsa toz patlayıcı hale gelebilir [12].

1.2.4.6. Patlama şiddeti (Kst)

Hava toz karışımının kapalı bir kaptaki ürettiği azami basınç değişimidir. Başka bir ifadeyle basıncın zamana göre azami yükselme değeridir. Patlama şiddetinin bir göstergesi olup Denklem (1.1)'de gösterildiği gibi hesaplanır [13];

$$K_{st} = \left(\frac{dP}{dt} \right)_{\max} \sqrt[3]{V} \quad (1.1)$$

1.2.4.7. Minimum tutuşma enerjisi (MIE)

Toz karışımlarının elektrik ve elektrostatik deşarjlara karşı hassasiyetini ölçmeye yönelik bir karakteristiktir. MIE'yi etkileyen faktörlere bakıldığında artan partikül boyutu ve nem oranı MIE'yi artırırken, parlayıcı buhar mevcudiyeti ve ortam sıcaklığının artması ise MIE'nin azalmasına dolayısıyla toz karışımının patlama riskinin yükselmesine neden olur [13]. Tablo 1.1'de İngiliz standardına göre önlem önerileri verilmiştir.

Tablo 1.1. İngiliz standardına göre önlem önerileri (ÇASGEM)

MIE (mJ)	BS 5958'ten Önlem Önerileri
500	Tutuşmaya eğilim düşük.
100	Bu seviyede kişileri topraklamayı öngörün
25	Bu seviyenin altında birçok tutuşma oluşur.
10	Tutuşmaya yüksek eğilim. Yüksek yalıtkan, geğirgen (elektrik) olmayan ekipmanları yasaklayın
1	Tutuşmaya çok yüksek eğilim. Elleğleme operasyonu çok az toz çıkarmaya planlanmalı

1.2.4.8. Maksimum patlama basıncı (Pmax)

Test tankının içinde patlama esnasında ölçülen maksimum basınç değeridir. Patlamaya dayanıklı düzenek gibi ekipmanların konstrüksiyon hesaplamalarında çok kullanılan bir parametredir [13].

1.2.4.9. Toz patlama sınıfı

Kst değeri baz alınarak şartları sağlayan tozlar için patlama sınıfına ayrılır. Tablo 1.2'de St sınıflandırması verilmiştir.

Tablo 1.2. St sınıflandırması [14]

St Sınıfı	Kst Değeri
0	Kst = 0
1	Kst < 200 bar m/s
2	Kst = 200 – 300 bar m/s
3	Kst > 300bar m/s

Tablo 1.3 örnek toz patlama sınıfları verilmiştir.

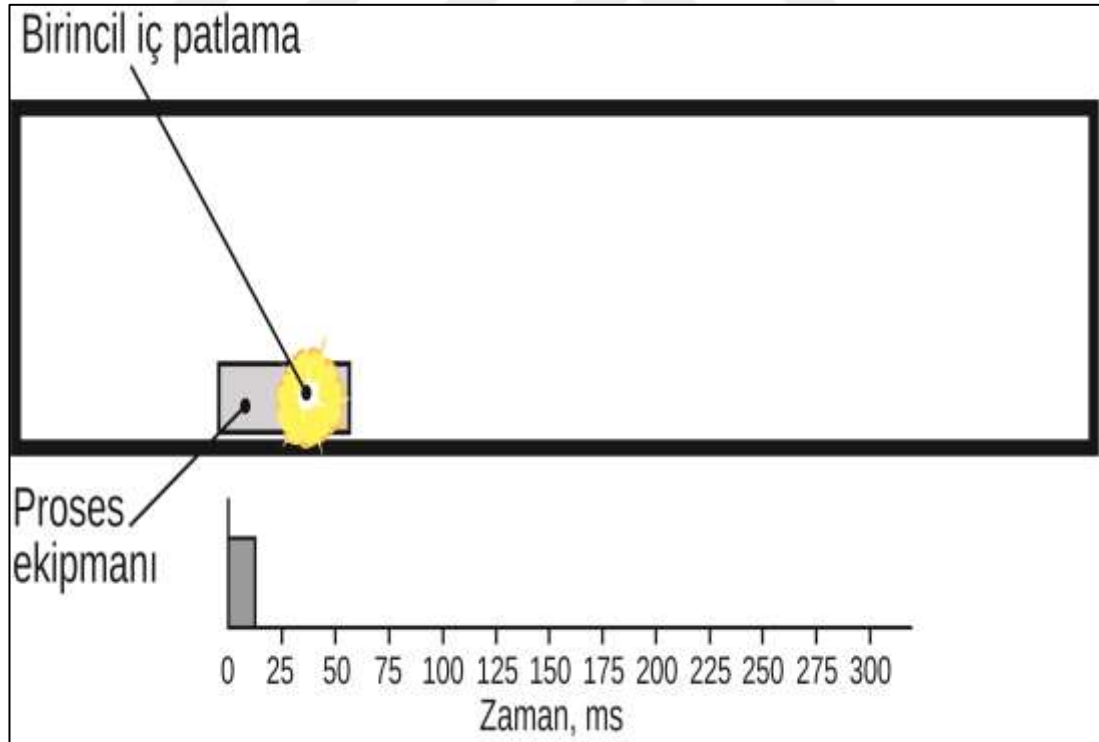
Tablo 1.3. Örnek toz patlama sınıfları [14]

Toz patlaması sınıfı	K_{st} , bar m/s	Patlama Şiddeti	Örnek
St 1	> 0 – 200	Zor patlayıcı hale gelir, Zayıf patlayıcı	Süt tozu, kömür, şeker, çinko
St 2	> 200 – 300	Kuvvetli patlayıcı	Selüloz, ahşap tozu
St 3	> 300	Çok kuvvetli patlayıcı	Alüminyum, magnezyum

1.2.5. Toz patlama aşamaları

1.2.5.1. Kapalı ekipman içinde patlama olayının başlaması

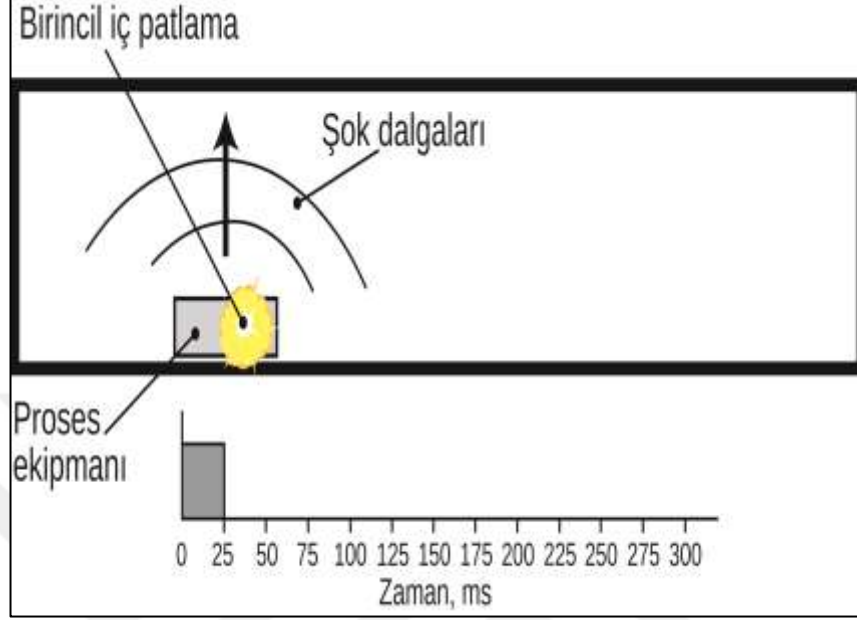
Şekil 1.7’de kapalı ekipman içinde patlama gösterilmektedir.



Şekil 1.7. Kapalı ekipman içinde patlama [15]

1.2.5.2. Bina boyunca yayılan akustik dalgalar

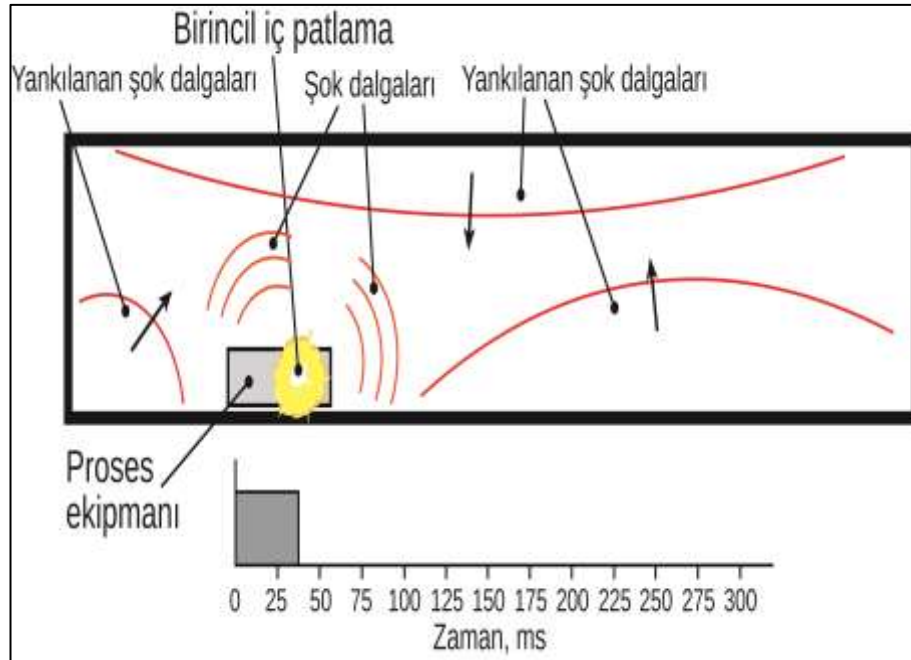
Şekil 1.8’de bina boyunca yayılan akustik dalgalar gösterilmektedir.



Şekil 1.8. Bina boyunca yayılan akustik dalgalar [15]

1.2.5.3. Yankılanan şok dalgaları

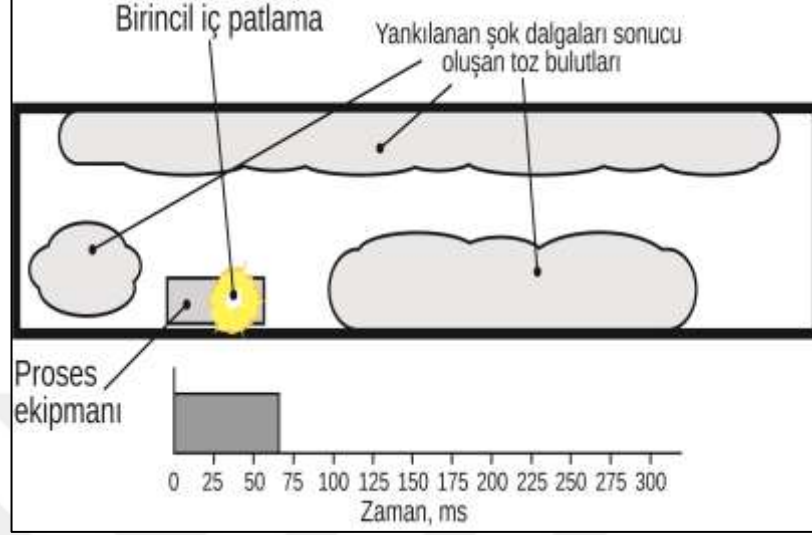
Şekil 1.9’da bina boyunca yayılan akustik dalgalar gösterilmektedir.



Şekil 1.9. Bina boyunca yayılan akustik dalgalar [15]

1.2.5.4. Yankılanan şok dalgaları sonucu oluşan toz bulutu

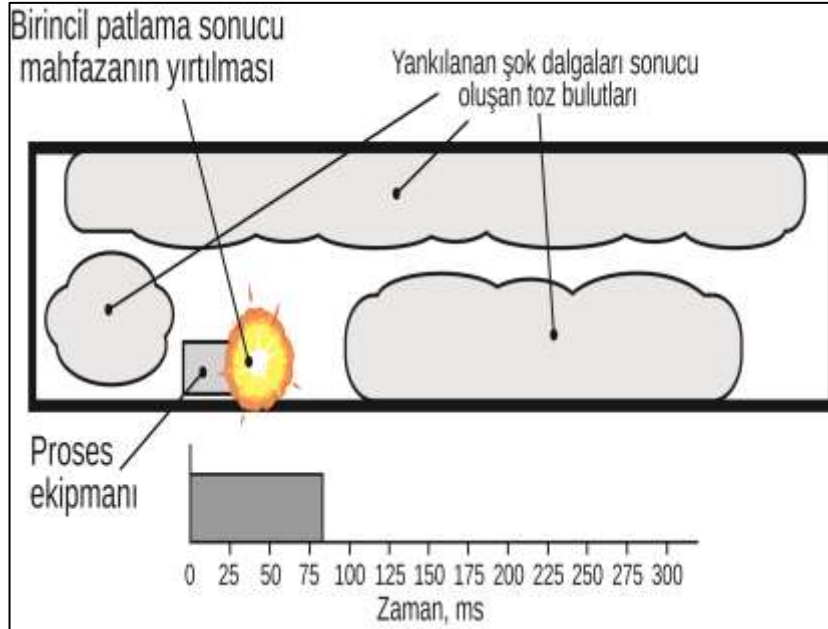
Şekil 1.10'da bina boyunca yayılan akustik dalgalar gösterilmektedir.



Şekil 1.10. Bina boyunca yayılan akustik dalgalar [15]

1.2.5.5. Birincil patlama sonrası muhafazanın yarılması

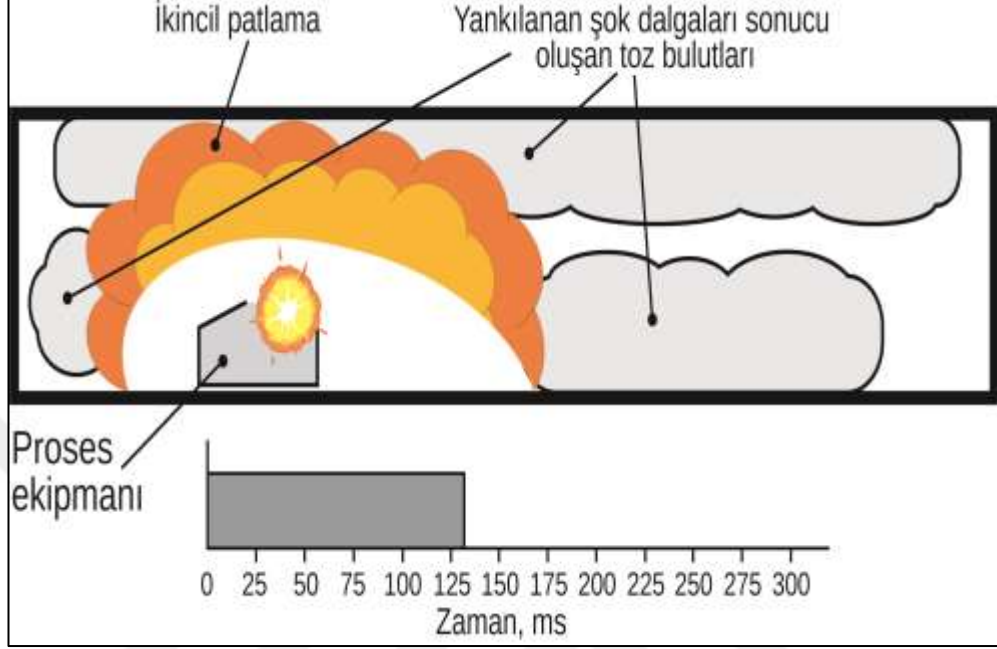
Şekil 1.11'de birincil patlama sonrası muhafazanın yarılması gösterilmektedir.



Şekil 1.11. Birincil patlama sonrası muhafazanın yarılması [15]

1.2.5.6. Yankılanan şok dalgaları

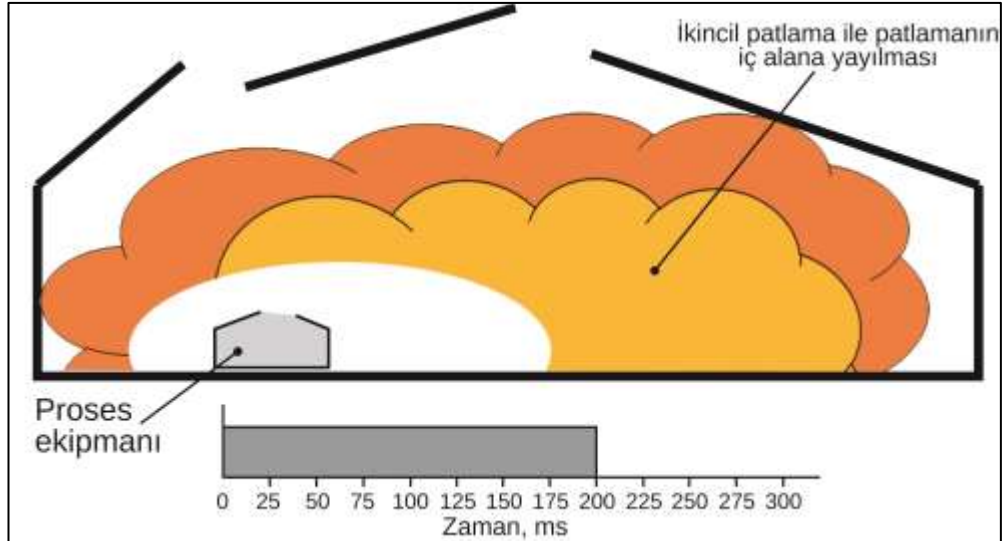
Şekil 1.12’de birincil patlama sonrası muhafazanın yarılması gösterilmektedir.



Şekil 1.12. Birincil patlama sonrası muhafazanın yarılması [15]

1.2.5.7. İkinci patlama ile patlamanın iç alana yayılması

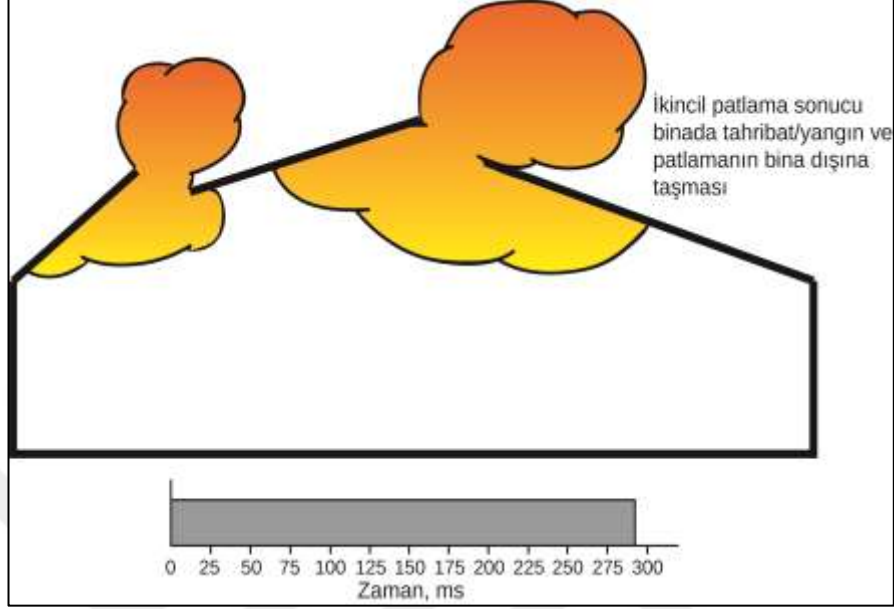
Şekil 1.13’de ikinci patlama ile patlamanın iç alana yayılması gösterilmektedir.



Şekil 1.13. İkinci patlama ile patlamanın iç alana yayılması [15]

1.2.5.8. İkinci patlama binada tahribat

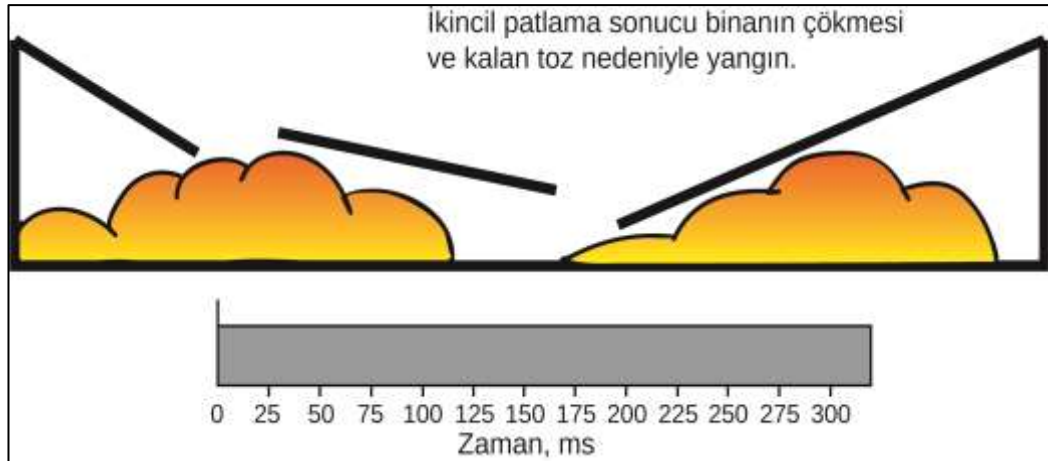
Şekil 1.14'de İkinci patlama ile patlamanın iç alana yayılması gösterilmektedir.



Şekil 1.14. İkinci patlama ile patlamanın iç alana yayılması [15]

1.2.5.9. İkincil patlama sonrası bina çökmesi ve kalan toz nedeniyle yangın

Şekil 1.15'de ikincil patlama sonrası bina çökmesi ve kalan toz nedeniyle oluşan yangın gösterilmektedir.



Şekil 1.15. İkincil patlama sonrası bina çökmesi ve kalan toz nedeniyle yangın [15]

1.3. Patlamadan Korunma Çalışmaları

1.3.1. Patlamadan korunma çalışmalarının gerçekleştirilme nedeni

Patlayıcı ortam oluşma olasılığına sahip işyerlerinde, 30.04.2013 tarih ve 28633 sayılı Resmî Gazetede yayımlanan “Patlayıcı Ortamların Tehlikelerinden Çalışanların Korunması Hakkında Yönetmelik” ve “6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu” gereğince PKD (Patlamadan Korunma Dokümanı) hazırlamakla yükümlüdür [16]. PKD içeriğinde proseste meydana gelebilecek bir patlamanın olmaması için alınması gereken aksiyon planıdır [17].

1.3.2. Patlamadan korunma çalışmalarının gerçekleştirilme süreci

1.3.2.1. Planlama

Patlamadan korunma dokümanı hazırlama ekibi oluşturulur. Bu ekip doküman için gerekli olan veri ve bilgilerin toplanması için atılacak adımları belirler. İlgili mevzuatlar kanun ve yönetmelik ışığında soru listeleri hazırlanır.

1.3.2.2. İşyerinde olası patlayıcı ortamların sınıflandırılması

İşyerinin plan ve yerleşimi, işin yürütülmesi sırasında yapılan çalışmaların bölümlendirilmesi ve işyerinin organizasyon şeması edinilir [18].

1.3.2.3. Bilgi toplama

Tesiste yürütülen işlere ait veri ve bilgi toplanması sağlanır. Satın alınan ekipman, makine ve kimyasal envanteri bilgilerini toplayın. kimyasal malzemelere ait Güvenlik Bilgi formlarının (GBF) olup olmadığını sorgulayın. Kimyasala ait güvenlik bilgi formunun Türkçe olup olmadığı, hazırlayan kişinin TSE'den hazırlama yetki belgesine sahip mi? sorusuna cevap aranmalıdır. GBF incelenerek bu kimyasalların incelenmesi sonucu depolama matrisine uygun mu depolandığı, depolama, taşıma ve kullanımı ile ilgili talimatlar hazırlanmışsa mutlaka sorgulanmalıdır [23].

Hazırlanan bu talimatlar çalışanlara eğitim verilerek bildirilmişse eğitim kayıtları istenmelidir. Ayrıca proseste tehlikeli kimyasal mevcut koşuluna bağlı olarak

mutlaka akredite belgesine bir kuruluş tarafından ortam ve kişisel maruziyet ölçümleri yapılması gerekmektedir.

1.3.2.4. Tehlikelerin tanımlanması ve risklerin analizi

PKD için gerekli hesaplamalar yapılarak bölgeler belirlenir. Bölgeler belirlendikten sonra bölge sınırları içinde bulunan cihazların koruyucu sınıflarının etiketlemelerin uygunluğunun kontrol edilmelidir.

1.3.2.5. Mevcut risklerin değerlendirilmesi ve önlemlerin belirlenmesi

Çalışma sınıflarına göre ayırdığımız bölgelerde risk değerlendirmesi yaptıktan sonra bu bölümlerde olası patlayıcı ortamların hangi bölgelerde meydana gelebileceği belirtilmelidir. Tüm faaliyetler çalışmanın başlaması, bitişi, iş öncesinde ve sonrasında yapılan temizlik, planlı bakım ve arıza durumları da dikkate alınmalıdır. Alınacak önlemler yapılan risk değerlendirmesine dayanır. Bu önlemler teknik önlemler dediğimiz; patlamanın kısmen ya da tamamen önlenmesi, olası bir patlamanın etkisinin azaltılmasına yönelik önlemlerdir.

Organizasyonel önlemler; hazırlanmış ve güncel statüdeki iş talimatları, yetkinliğe sahip personel kadrosu, verilen eğitimlerin içeriği ve hedefleri, çalışanlara verilen kişisel koruyucu donanımların kullanılması sağlanması, tehlikeli bölgelerde yapılacak ısı işlem veya kesme işinde izin formunun uygulanabilirliği, planlı bakım ve duruşların organizasyonuna yönelik önlemlerdir.

1.3.3. Patlamaya karşı alınabilecek önlemler

1.3.3.1. Birincil önlemler

Patlayıcı atmosferin oluşumunu engelleyebilecek bütün önlemlerin alınmasıdır. Bu kapsamda bu önlemler sırasıyla [20];

- İkame yöntemi dediğimiz proseste kullanılan yanabilir maddelerin yerine yanma özelliğine sahip olmayan tozun kullanılması.
- Havadaki oksijen miktarının düşürülmesiyle patlama noktasının altına çekilmesi işlemine literatürde inertleştirme adı verilir. Bu işlem prosesi etkilemeyecek azot gazının ortama basılarak hava içindeki oksijen miktarının düşürülmesidir [20].

- Sızıntı olması durumunda alandaki çalışanların basit boğucu gaz olan azottan çalışanların etkilenmemesi için prosesin sızdırmazlığının sağlanması önemlidir.
- Cebri veya doğal havalandırma ile konsantrasyonu sınırlandırmak.

1.3.3.2. İkincil önlemler

Patlayıcı ortamlarda patlama tehlikesi birincil önlemler alınarak tamamen veya kısmen ortadan kaldırılamıyorsa bu ikincil yöntemlere başvurulur. Tutuşturucu kaynakların uzaklaştırılmasıdır. Patlayıcı ortamlar atmosferin oluşma ihtimali ve bu ortamında devam etme süresi ile ilişkili olarak mevzuatta daha önce açıklandığı üzere bölgelere ayrılmaktadır.

Endüstrideki tutuşturucu kaynaklar aşağıdaki gibi gruplandırılabilir;

- Sürtünmeden kaynaklı ve mekanik hareket sonucu oluşan ısı
- Kıvılcım ve çıplak ateş
- Elektrik ve elektrostatik kaynaklı kıvılcımlar
- Hareket halindeki ekipmanda ısınma
- Akkor haline gelen sıcak yüzeyler
- Şimşek ve yıldırımlar

1.3.3.3. Üçüncül koruma

Patlamanın etkisini azaltmak için alınacak önlemlerdir;

- Yönetsel önlemler: Patlama tehlikesine sahip riskler karşısında sadece mühendislik yaklaşımı yanında yönetsel yaklaşımında olması gerekmektedir. Amerikan standardı baz alınarak bu yaklaşımlar; patlamadan korunma dokümanı hazırlanması, çalışma talimatlarının hazırlanması, çalışanlara verilen kişisel koruyucu donanımların kullanılması,

Tesiste bulunan ekipmanların güvenli koşulların sürdürülebilirliği, patlayıcı ortamlarda yapılacak özel çalışmalarda izin ve yetkinlik sistematığının sağlanması, tesiste bulunan ekipmanların bakımlarının düzenli yapılması ve takip edilmesi, tehlikeli bölgelerin işaretlenmesi veya alanın etrafına emniyet şeridi çekilmesi.

- Diğer önlemler: Şimdiye kadar açıklanmaya çalışılan önlemleri ilaveten aşağıda sıralanan önlemlerin de alınması tamamlayıcı etki yaparak patlamadan korunmada önemli bir yer teşkil edecektir. Bu tamamlayıcı önlemler; bölümlenme diye adlandırdığımız patlama tehlikesi sahip alanlar patlamaya dayanıklı duvar veya bariyerlerle ayırmak. Patlama riskine sahip alanı bağımsız uzak bir alana kurmak, bina yangın güvenliğinde aktif olarak bekleyen yangın dolabı, yangın hortumu ve söndürme tüpleri, pasif olarak nitelendirdiğimiz kaçış yolları ve yangın kapılarının yangına dayanıklı korunma önlemleri alınmalıdır. Son olarak 30 Haziran 2016 tarihli 29758 sayılı Resmi Gazetede yayınlanarak yürürlüğe giren Muhtemel Patlayıcı Ortamda Kullanılan Teçhizat ve Koruyucu Sistemler İle İlgili Yönetmelik içeriğindeki kategorilere göre seçmek.

1.3.4. Amerikan standardının yorumu ile toz patlama etkisinin azaltılması

Amerikan standardı patlamanın (NFPA 654) önlenmesi adına gerekli önlemler alınmasına rağmen patlama engellenememe durumu söz konusu olduğunda patlamanın etkisinin azaltılması için alınacak aksiyonlar;

1.3.4.1. Olası patlamaya karşı dayanıklı tasarım yapılması

Tesisi daha kurulum aşamasında patlamaya mukavemetli tasarım yapılmışsa olası patlama sonrasında zarar azaltılmış olacaktır. Bu proaktif yaklaşım beraberinde ek bir maliyet getirecektir. Daha tesisin tasarım aşamasında iki parametre üzerinde durulmaktadır. Nominal kalınlık ve müsaade edilebilir basınçtır. Müsaade edilebilir basınç kullanılan malzeme, nominal kalınlık ve tasarım basıncı ile sıcaklığına bağlı olarak belirlenir [4].

1.3.4.2. Havalandırma uygulamaları

Havalandırma patlamanın zararlarını azaltmada sık kullanılan bir yöntemdir. Bu yöntemin ham avantajları hem de dezavantajları vardır. Avantajları; ekipman dış alanda bulunuyorsa kurma maliyeti ve buna bağlı olarak bakım giderleri de düşük olacaktır.

Dezavantajları; patlama sırasında proseste bulunan yanıcı malzemelerin yanması, ekipmanın dış alanda veya dış cephedeki duvarlara yakın bir alanda bulunmasını

gerektirmesi, Patlama kapağının açıldığı alanda bulunan tesis ve çalışanların olası yangına maruz kalması ve proseste mevcut olan tehlikeli kimyasalların toksik veya korozyif maddelerin çevreye yayılması olasılığıdır;

- Havalandırma tasarımı: Havalandırma yönteminin etkili olmasında tasarım en önemli etkidir. En çok tercih edilen standartlar olan EN 14492 Avrupa standardı ve NFPA 68 Amerikan standardına göre hesaplamalar yapılır.
- Havalandırma kapakları: Patlama sırasında basınç belli bir değere ulaştığında patlamanın yönünde açılmak üzere tasarlanmış kapaklardır.

1.3.4.3. Baskılama yöntemi

Patlama meydana gelmeden önce bir sensör yardımıyla algılanarak söndürücüler aktif hale getirilir. Alev topu daha fazla büyümeden söndürüldüğü için patlama içinde bulunduğu kabı yırtamaz. Bir avantajı da ortamda zehirleyici ve aşındırıcı malzemelerin çıkma olasılığını azaltır.

1.3.4.4. Patlamanın izolasyonu

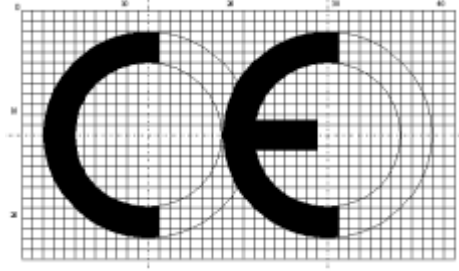
Bu izolasyon yöntemindeki amacımız birincil patlama gerçekleştikten sonra bağımsız veya bağımlı diğer bölümlere patlamanın yayılarak ikincil patlamanın gerçekleşmesini önlemektir.

Bunun için acil durdurma sistemleri kullanılmaktadır. Tesiste bağlantı borularına yerleştirilen valfler tarafından patlama algılandıktan sonra acil durdurma sistemlerini aktive ederek patlamayı ya kimyasal malzeme veya mekanik metotlarla izole edilir.

1.3.5. Patlayıcı ortamlarda kullanılan ekipmanlar ve seçim kriterleri

1.3.5.1. CE işareti

Üzerinde bu işareti taşıyan bir ürünün ilgili yönetmeliklerde geçen tüm koşulları sağladığı ve üreticinin ilgili yönetmeliklerde belirtilen tüm yükümlülüklerini yerine getirdiğini gösteren Avrupa Birliği üyesi ülkeler arasında malların serbest dolaşımını sağlamak amacıyla ortaya çıkan bir işarettir.



Şekil 1.16. CE işareti [1]

CE İşareti gerektiren ürün grupları ile Türkiye’de bu ürün gruplarına ilişkin AB mevzuatının uyumundan sorumlu kuruluşlar Tablo 1.4 CE işareti gerektiren ürün grupları gösterilmektedir.

Tablo 1.4. CE işareti gerektiren ürün grupları [1]

Sıra	Direktifin Kapsadığı Alan	Uyumundan Sorumlu Kuruluş
1	Alçak gerilim cihazları	Sanayi ve Ticaret Bakanlığı
2	Basit basınçlı kaplar	Sanayi ve Ticaret Bakanlığı
3	Gaz yakan aletler	Sanayi ve Ticaret Bakanlığı
4	Sıcak su kazanları	Sanayi ve Ticaret Bakanlığı
5	Elektromanyetik uyumluluk	Sanayi ve Ticaret Bakanlığı
6	Makinalar	Sanayi ve Ticaret Bakanlığı
7	Sivil kullanım için patlayıcılar	Sanayi ve Ticaret Bakanlığı
8	Otomatik olmayan tartı aletleri	Sanayi ve Ticaret Bakanlığı
9	Patlayıcı ortamlarda kullanım ekipmanlar	Sanayi ve Ticaret Bakanlığı
10	Asansörler	Sanayi ve Ticaret Bakanlığı
11	Dondurucular	Sanayi ve Ticaret Bakanlığı
12	Basınçlı kaplar	Sanayi ve Ticaret Bakanlığı
13	Açık havada kullanılan ekipmanda	Sanayi ve Ticaret Bakanlığı
14	Floresan lambalarda enerji etkinliği	Sanayi ve Ticaret Bakanlığı
15	Vücuda yerleştirilebilir aktif tıbbi cihazlar	Sağlık Bakanlığı
16	Tıbbi cihazlar	Sağlık Bakanlığı
17	In vitro tıbbi tanı cihazları	Sağlık Bakanlığı
18	Oyuncaklar	Sağlık Bakanlığı
19	Gezi amaçlı tekneler	Denizcilik Müsteşarlığı
20	İnşaat malzemeleri	Bayındırlık ve İskan Bakanlığı
21	Kişisel korunma donanımları	Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı
22	Radyo ve telekomünikasyon terminal cihazları	Telekomünikasyon Kurumu
22	Yolcu taşıma amaçlı kablo üzerinde hareket eden araçlar	Sanayi ve Ticaret Bakanlığı

Resmî Gazetede 30.06.2016 Tarihli ve 29758 sayılı Muhtemel Patlayıcı Ortamda Kullanılan Teçhizat Ve Koruyucu Sistemler İle İlgili Yönetmelik (2014/34/AB) yönetmeliğinde; patlayıcı karışımın bulunduğu bir patlayıcı ortamda kullanılan ekipman ve koruyucu sistemleri kapsamaktadır.

Patlayıcı ortam dışında kullanılan yine patlama tehlikesine karşı ekipman ve koruyucu sistemler ki emniyet cihazları, regülatörler ve kumanda cihazları da bu mevzuatın kapsamına girmektedir.

Ekipman ifadesini tanımlamak gerekirse kompresörler, aydınlatmalar, kontrol ve izleme cihazları ve elektrik motorlarıdır. Koruyucu sistemler ifadesi; patlamayı önleyen, başlayan bir patlamayı derhal sonlandırmak için kullanılan ve patlama sonrasında ortaya çıkan alev ve basıncın etkisini azaltan sistemler olarak tanımlayabiliriz. Bağımsız Koruyucu Sistemler; Ekipman ve donanımların dışında bağımsız sistemler olarak kullanılan ürünlerdir. Örnek vermek gerekirse; yangın ve söndürme sistemleri, yangın söndürücü, basınçtan koruma panellerini verebiliriz. İlgili yönetmeliğin ekinde teçhizat gruplarının kategoriler halinde sınıflandırılması Tablo 1.5. teçhizat gruplarının kategoriler halinde sınıflandırılması gösterilmektedir.

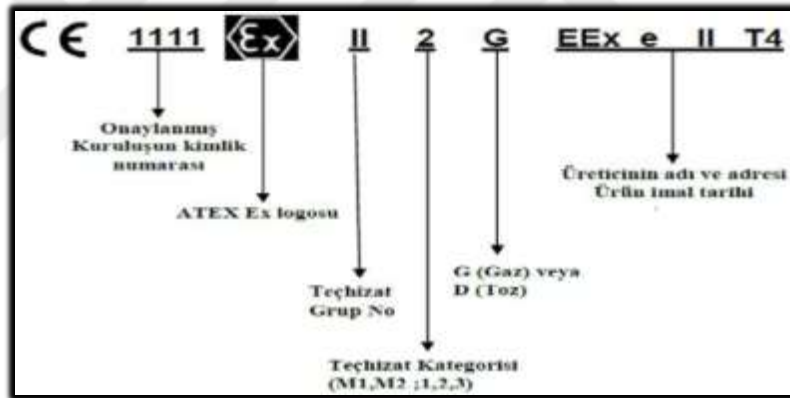
Tablo 1.5. Teçhizat gruplarının kategoriler halinde sınıflandırılması [14]

TEÇHİZAT GRUBU							
Grup I Madenler (Grizu ve Yanıcı Tozlar)		Grup II Maden Dışı Ortamlar					
Kategori M1	Kategori M2	Kategori 1		Kategori 2		Kategori 3	
		G (Gaz)	D (Toz)	G (Gaz)	D (Toz)	G (Gaz)	D (Toz)
Patlayıcı ortam mevcudiyetinde çalışmaya devam eden ve çok yüksek seviyede korumaya sahip ekipmanlar	Patlayıcı ortam mevcudiyetinde durdurulan ve çok yüksek seviyede korumaya sahip ekipmanlar	Patlayıcı ortam mevcudiyetinde çalışmaya devam eden ve çok yüksek seviyede korumaya sahip ekipmanlar		Yüksek seviyede korumaya sahip ekipmanlar		Normal seviyede korumaya sahip ekipmanlar	

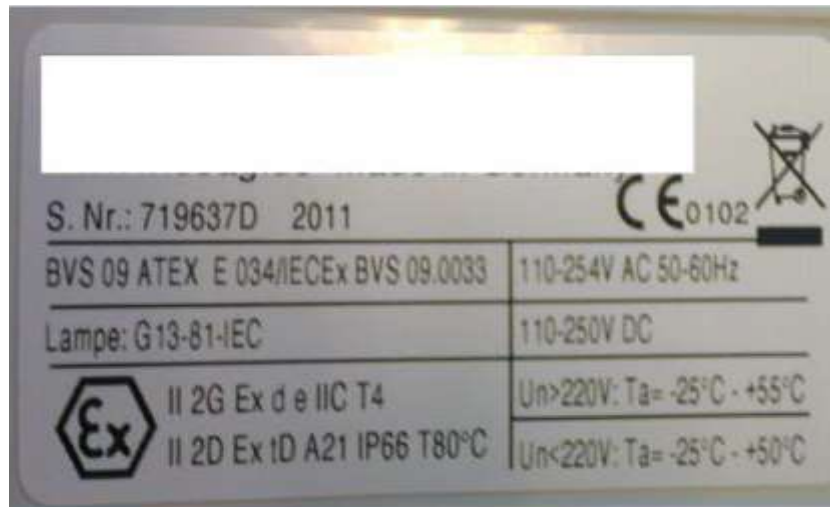
Tablo 1.6. Ürünlerin işaretlenmesi [14]

GRUP I			
Madenler	Kategori M1		Kategori M2
		Patlayıcı bir ortamın mevcudiyetinde teçhizat çalışmaya sürdürür (1 M1)	
GRUP II			
Yer Üstü Endüstrileri	Kategori 1	Kategori 2	Kategori 3
Gaz-Ex	II 1 G (Zone 0)	II 2 G (Zone 1)	II 3 G (Zone 2)
Toz-Ex	II 1 D (Zone 20)	II 2 D (Zone 21)	II 3 D (Zone 22)

Şekil 1.17 ve Şekil 1.18’de ATEX etiketi verilmiştir [14].

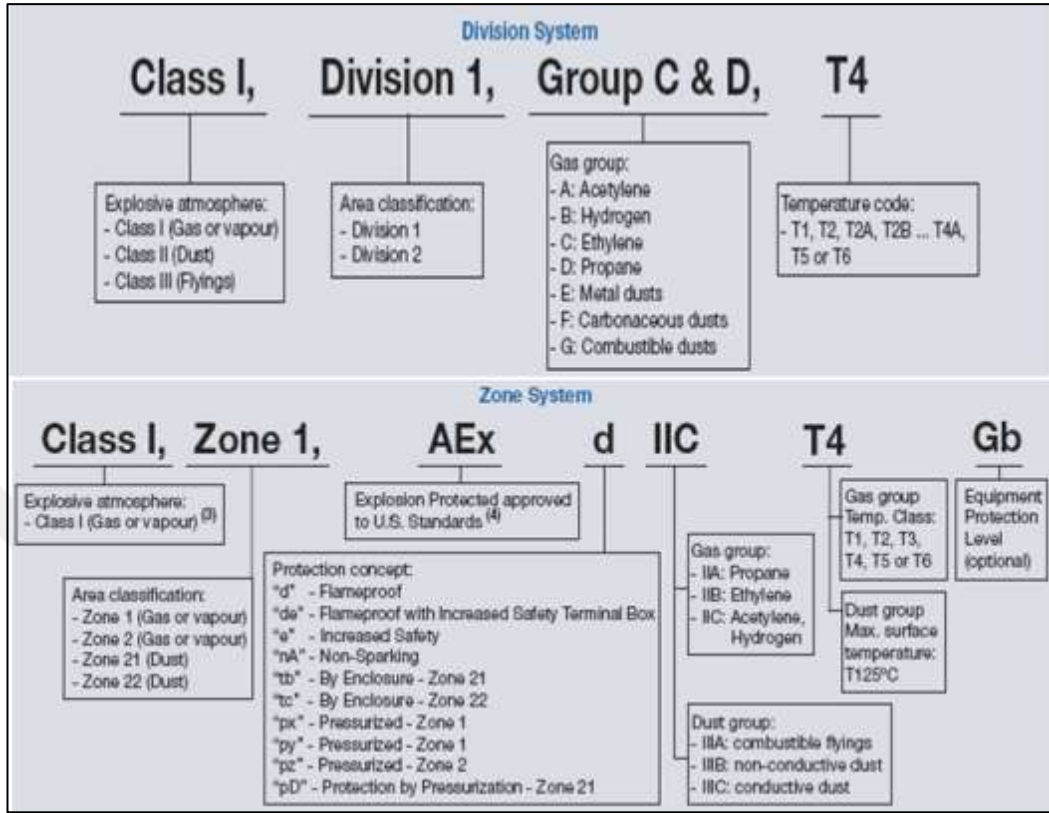


Şekil 1.17. ATEX etiketi [14]



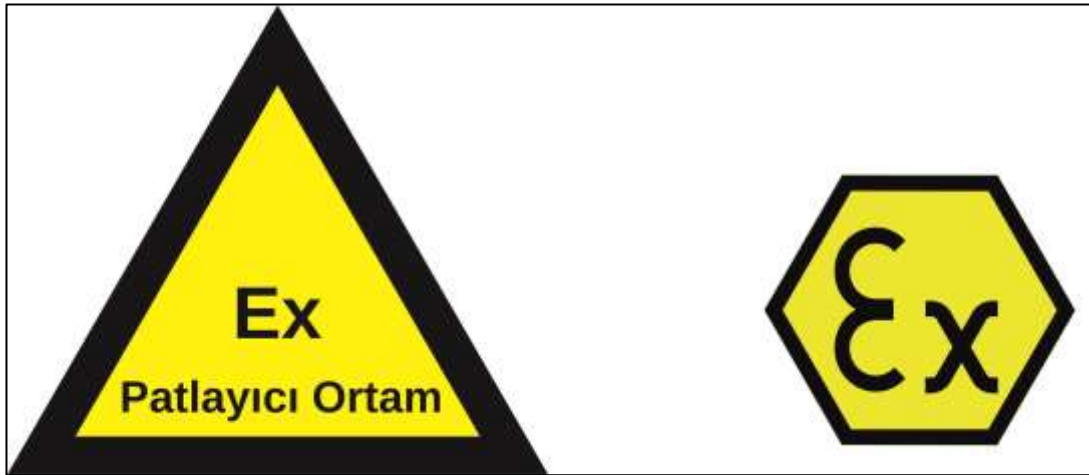
Şekil 1.18. ATEX örnek etiketi [14]

Şekil 1.19'da Kuzey Amerika'da örnek bir etiketleme sistemi gösterilmiştir. [14]



Şekil 1.19. Kuzey Amerika'da örnek bir etiketleme

Şekil 1.20. ATEX uyarı tabelası ve sembolü verilmiştir.




Şekil 1.20. ATEX uyarı tabelası ve sembolü [14]

1.3.6. Ex-proof koruma tipleri

1.3.6.1. Alev sızdırmazlık d-tipi koruma


D sınıfı koruma yöntemi patlayıcı ortamlarda en başta uygulanan bir yöntemdir. Bu yöntemde muhafaza içinde patlayan gaz muhafazanın dışındaki patlamaya hazır gazı ateşleyemediği için başka bir deyişle alev dışarı sızmaz. Şekil 1.21 verildiği gibi detaylı bilgiler aktarılmıştır [14].

IEC veya EN'ye göre Koruma Tipi	Temel Prensipler	Şema	Başlıca Uygulamalar
"d" Alev Sızdırmaz Muhafaza IEC 60 079-1 EN 50 018	Potansiyel patlayıcı atmosferi ateşleyebilen kısımlar, içindeki patlama basıncına dayanan ve patlamanın kendisini çevreleyen atmosfere yayılmasını engelleyen muhafazanın içine yerleştirilmişlerdir.		Şalterler, kontrol anahtarları, kontrol panelleri, motorlar, transformatörler, ısıtıcılar, aydınlatma armatürleri

Şekil 1.21. d sınıfı koruma [14]

1.3.6.2. Artırılmış emniyet e-tipi sınıfı koruma


E sınıfı koruma yöntemi normal çalışma sisteminde ark çıkarmayan bu özelliğine rağmen patlayıcı ortamda tehlike oluşturmaması için ilave önlem alınan bir yöntemdir. Şekil 1.22 ile detaylı bilgiler aktarılmıştır [14].

IEC veya EN'ye göre Koruma Tipi	Temel Prensipler	Şema	Başlıca Uygulamalar
"e" Artırılmış Emniyet IEC 60 079-7 EN 50 019	Bu şekilde yapılan korumada; elektrik malzemelerinin içinde ve dışındaki elemanlarda, aşırı sıcaklık, kıvılcım ve arkların oluşum olasılıklarına karşı, daha yüksek derecede emniyet tedbirleri alınır. Bu korumada, normal işletme koşullarında ısı ve kıvılcım üretilmez.		Terminal ve bağlantı kutuları, başka bir korunma tipiyle korunmuş ekipmanların tesisatı için kontrol panoları, Klemens kutuları, kablo bağlantıları, sincap kafes aydınlatma armatürleri ve küçük transformatör gibi normal çalışmalarını esnasında ark çıkarmayan ve tehlikeli derecede ısınmayan aletlerde uygulanabilir.

Şekil 1.22. e sınıfı koruma [14]

1.3.6.3. Basınçlı tip p-tipi Sınıfı Koruma

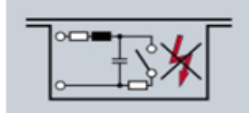
Pahalı bir uygulama olduğu için kullanım alanı çok kısıtlıdır. Yöntem basınçlı hava ile patlayıcı karışımın girmesi istenmeyen bölge basınç altında tutulmak suretiyle içeri girmesi önlenmiş olur. Şekil 1.23 ile detaylı bilgiler aktarılmıştır [14].

IEC veya EN'ye göre Koruma Tipi	Temel Prensipler	Şema	Başlıca Uygulamalar
"p" Basınçlandırılmış Cihazlar IEC 60 079-3 EN 50 016	Bu tür korumada, cihazın bulunduğu ortama, dışardaki ortamdaki ortamdaki bir girişin olmamasını sağlamak için, cihazı örten kısmın içinde, dışarıya göre daha basınçlı koruyucu bir gaz kullanılarak, dıştan içeriye olacak atmosferik sızmalar önlenir. Cihazı örten kısmın içindeki basınç, gazın devamlı akışıyla dış ortama karşı daima yüksek tutulur ve herhangi bir patlayıcı atmosferin konsantrasyonu azaltılır.		Büyük donanımların kullanıldığı kontrol panelleri, kontrol odaları, analizatörler ve büyük motorlar

Şekil 1.23. p sınıfı koruma [14]

1.3.6.4. i tipi sınıfı koruma

Çalışırken veya arıza durumunda ısı ve ark çıkarmayan ekipmanlardır. Çıkarması durumunda meydana gelen ark ve ısı patlayıcı ortamı ateşlemeye yetmez. Bu koşulu sağlaması için düşük voltaja düşürülmektedir. Şekil 1.24 ile detaylı bilgiler aktarılmıştır [14].

IEC veya EN'ye göre Koruma Tipi	Temel Prensipler	Şema	Başlıca Uygulamalar
"i" Kendinden Emniyetli (doğru ştan emniyetli) IEC 60 079-11 EN 50 020	Bu tür koruma çeşidinde, elektrikli cihaz kendinden emniyetli devreler içerir. Bu devreler sayesinde, tehlikeli sahaya giden enerji kısıtlanır, böylelikle patlayıcı atmosferin ateşlenmesi engellenir. Kendinden emniyetli devre, normal işletim ve özel hata şartlarında yapılan deneylerinde, patlamaya yol açabilecek kıvılcım ve ısı etkisi oluşturmayan devredir.		Ölçüm ve kontrol teknolojisi, bilişim teknolojisi, sensörler ve akkuatörler

Şekil 1.24. i sınıfı koruma [14]

1.3.6.5. o tipi sınıfı koruma

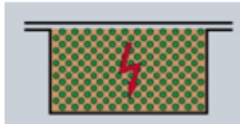
Patlayıcı ortamdan izole etmek için ekipman yağ içerisine konulur. Bu yöntem yağ kullanıldığı için yağlı koruma şeklinde adlandırılır. Standartta herhangi bir bilgi olmamasına rağmen kullanımı yasaklanmıştır. Çünkü patlama sırasında yağlar gazdan daha fazla zarara sebep olmaktadır [14].

IEC veya EN'ye göre Koruma Tipi	Temel Prensipler	Şema	Başlıca Uygulamalar
"o" Yağ Daldırma IEC 60 079-6 EN 50 015	Bu tür korumada, elektrikli cihazın tümü veya bir kısmı, koruyucu bir sıvının (yağ gibi) içine batırılır. Bu yolla, yağın dışında ya da kabin tamamen dışında kalan bir ortam, yağın içindeki cihaz tarafından oluşturulacak kıvılcımdan etkilenmez.		Transformatörler, başlatma dirençleri <u>Not:</u> Bu yöntem standarttan çıkarılmamış olmasına rağmen kullanımı yasaklanmıştır. Çünkü yağlı cihazlar herhangi bir hata anında patladıklarında gazın patlamasından çok daha fazla tahribat yapmaktadır. Günümüzde yeni kurulan tesislerin hiç birinde, ne yağlı trafo ve ne de yağlı kesici görülmemektedir.

Şekil 1.25. o sınıfı koruma [14]

1.3.6.6. q tipi sınıfı koruma


Elektrikli cihazın içinde bulunan muhafaza içine küçük parçacıklarla tamamen doldurularak patlayıcı karışımların bu muhafaza içine girmesi engellenmiş olur. Şekil 1.26 ile detaylı bilgiler aktarılmıştır [14].

IEC veya EN'ye göre Koruma Tipi	Temel Prensipler	Şema	Başlıca Uygulamalar
"q" Toz Doldurma IEC 60 079-5 EN 50 017	Bu koruma çeşidinde; elektrikli cihazı içinde tutan muhafaza, küçük parçacıklardan oluşan malzemeyle tamamen doldurulur. Böylece cihazın istenilen şartlarda çalışması sırasında oluşacak kıvılcımlar, dışardaki atmosferi ateşleyemez. Bu şekilde oluşturulmuş bir ortam, ne alev ne de aşırı sıcaklıkla cihazın içinde bulunduğu kabin yüzeyine ateşleme yapamayacaktır		Transformatörler, kondansatörler, elektronik parçalar

Şekil 1.26. q sınıfı koruma [14]

1.3.6.7. m tipi sınıfı koruma

Bu ekipmanların ısı ve ark meydana getirmesi durumunda ortamı tehlikeye düşürmemesi için reçine gibi kimyasal maddelerin içine tamamen gömülür. Bu yönteme kapsüllü koruma adıyla da ifade edilir. Şekil 1.27 ile detaylı bilgiler aktarılmıştır [14].

IEC veya EN'ye göre Koruma Tipi	Temel Prensipler	Şema	Başlıca Uygulamalar
"m" Kapsül içine Koyma (Kapsülasyon) IEC 60 079-18 EN 50 028	Bu tip koruma şeklinde; ateşlemeyi yapabilecek parçalar, dış atmosfere karşı yeterince mukavim bir reçine içine öyle kapatılır ki; patlayıcı atmosfer ne kıvılcımla ne de ısıyla bu kapalı kısımdan ateşlenemez.		Küçük kapasiteli kumanda elemanları, gösterge elemanları ve sensörler

Şekil 1.27. m sınıfı koruma [14]

Koruma tipinin, sembolü ve ilgili standart bilgileri Ek-A'da verilmiştir.

1.3.7. Yasal mevzuat bilgileri

1.3.7.1. ATEX mevzuatı

ATEX başka bir ifadeyle patlayıcı ortamlar ile ilgili Avrupa Birliği direktifi ATEX 95 adıyla bilinen 1994/9/EC isimli konsey direktifidir. Aynı isimle Türkçe diline çeviri yapılarak resmi gazetede yayımlanmış ve 30.06.2016 tarihinde 29758 sayılı resmi gazete ile mevzuatımıza girmiştir. Patlayıcı ortamların kontrolü için iki adet Avrupa Birliği direktifi hazırlanmıştır. Bu direktiflerden birincisi, 99/92 / EC sayılı ATEX 137 veya ATEX İşyeri Direktifi; Patlayıcı ortamlarda patlama riski altında çalışan çalışanları sağlık ve güvenliklerinin korunması için minimum gereksinimlerdir. İkinci direktif, 94/9 / EC sayılı ATEX 95 veya ATEX Ekipman Direktifi; potansiyel patlayıcı ortamlarda kullanılmak üzere tasarlanmış Ekipman ve koruyucu sistemleridir. Bu direktif 30.06.2016 tarih ve 29758 sayılı Resmi Gazete Sayısı ile yürürlüğe giren "MUHTEMEL PATLAYICI ORTAMDA KULLANILAN

TEÇHİZAT VE KORUYUCU SİSTEMLER İLE İLGİLİ (94/9/AT)” yönetmeliğimizin temelini ve dayanağını oluşturur [21].

Patlayıcı ortamları önleme ve önlem alma yönünden bakıldığında ATEX-137 direktifine göre işverene belirli yükümlülükler ve sorumluluklar yüklemektedir. İşverene bir hiyerarşi dahilinde alması gereken aksiyonları bildirmiştir.

1. Patlayıcı atmosferlerin oluşmasını engellemek, bunun mümkün olmadığı veya aldığı önlemlerin yeterli olmadığı durumlarda,
2. Patlayıcı ortamların ateşlenmesini engellemek, bu da engellenemediğinde veya patlamanın önüne geçilemediğinde,
3. Olası patlamanın zararlı etkilerini azaltmak, hafifletmek ve risk altındaki çalışanların sağlık ve güvenliklerini korumak [17].

1.3.7.2. Türkiye ve Avrupa Birliği üye ülkelerinde tehlikeli alan sınıflandırmaları

Atex-137 direktifinde belirtildiği üzere, çalışanların sağlık ve güvenliğini korumak üzere yanıcı ve parlayıcı maddelerin bulunduğu yerlerde, özel önlem alınmasını gerektiren tedbirlerin gereksinimi olduğunda bu tip alanlar tehlikeli alanlar ve bu tip atmosferler tehlikeli atmosfer olarak nitelendirilmektedir. Bu yanıcı ve parlayıcı maddeler; yanıcı bir gaz, bir sıvı buharı veya patlayıcı konsantrasyona ulaşabilecek bir toz yığını olabilir. Tüm bu alanlar özel şekilde ‘Ex’ harflerini içeren sarı üçgen işaret levhaları ile işaretlenmelidir [18].



Şekil 1.28. Patlayıcı ortam tehlikesi işareti [17]

Çalışma alanında uyarı levhasını gören çalışanlar ve alt işveren çalışanları buldukları alanın patlayıcı atmosfere sahip olduğunu ve bu tür yerlerde çalışırken dikkat edilmesi gereken hususlar hakkında gerekli eğitimler verilmelidir.

Daha önce tanımlar bölümünde açıklandığı üzere Gazlar İçin Tehlike Alanlar Bölge 0, Bölge 1 ve Bölge 2 Tozlar için Tehlike Alanlar Bölge 20, Bölge 21 ve Bölge 22 olarak ifade edilir.

1.3.7.3. Kuzey Amerika yorumu ve Division sistemi

NFPA 70 ve NEC standartlarına göre Amerikan yorumları oluşmuştur. NEC standardı öncelikle patlayıcı maddeleri sınıflara ayırmıştır [22]. Sınıflandırdığı bu maddeleri gruplara ve Division dediğimiz bölümlere ayırmıştır. Division 1 ve Division 2 olarak iki bölüme ayırmıştır.

Division 1: Çalışma ortamlarında normal çalışma koşulları altında patlayıcı ortam oluşabilecek, oluşabilme ihtimali yüksek olan ve uzun süreli çalışma alanları bu bölüm kapsamına girer [18].

Division 2: Çalışma ortamlarında normal çalışma koşullarında patlayıcı ortam oluşma ihtimali düşük olan yerlerde bu bölüm kapsamına girmektedir.

Fakat planlı veya plansız bakım, duruşlar, arızalar ve kazalarda patlayıcı ortam oluşabilecek veya oluşabilme ihtimali olan ve uzun süreli olmayan çalışma alanları da bu bölüm kapsamına girmektedir. NEC daha önce bahsedildiği üzere sınıflara patlayıcı maddeleri sınıflara ayırmakta ve CLASS adı vermektedir [18];

- CLASS I: Patlayabilir gaz ve buharlar
- CLASS II: Patlayabilir tozlar, kömür tozu, un ve şeker tozu gibi
- CLASS III: Uçucu tozlar boyut olarak tozlar daha büyüktür. Bunlar tekstil tozu gibi ki bu tozlar patlayıcı değil sadece yanıcı özelliği ile yangın çıkarma potansiyeline sahiptirler.

Yine daha önce ifade edildiği üzere patlayıcı maddeleri gruplara ayırmış ve bunları tarif etmiştir;

- GRUP A: Asetilen gazı
- GRUP B: Hidrojen gazı

- GRUP C: Alkol ve eter
- GRUP D: Metan, propan, oktan ve dekan gibi
- GRUP E: Toz grupları
- GRUP F: Toz grupları
- GRUP G: Toz grupları

Geçmiş yıllarda hem NEC hem de CEN yaptığı değişikliklerle ZONE(bölge) sistemine zorunluluk getirmiştir. Fakat Amerika bu konuda tutumunda ısrarcı olmaktadır. Göz ardı edildiği bir durum var ki o da artık bütün dünya bölge sisteminde birleşmiştir. Division sistemi ülkemizde karşımıza daha önce Amerika tarafından yapılan tesislerde karşımıza çıkmakta tesisi bütünüyle Division sistemine göre tasarlanmış ve kurulmuş olmasıdır. Güvenli alanda kalmak isteyen uzmanların her iki sisteme de hâkim olması faydalı olacaktır. Tablo 1.7 Zone ve Division mukayese tablosu gösterilmektedir.

Tablo 1.7. Zone ve Division mukayese tablosu [22]

NORMAL ÇALIŞMA ŞARTLARINDA			
	Sürekli veya uzun süreli tehlikeli ortamlar	Orta tehlikeli ve süreli tehlikeli ortamlar	Tehlikeye girmeyen ve ihtimal zayıf olan Ortamlar
Kuzey Amerika	Division 1		Division 2
	Zone 0	Zone 1	
CENELEC/EC	Zone 0	Zone 1	Zone 2

Zone ve Division kavramları açıklanmıştır. Farklılık patlayıcı ortamları Division sisteminde 2 bölüme, Zone sisteminde 3 bölüme ayırmıştır. Yorum farkı Division sisteminde tesiste kullanılacak elektrik/elektronik sistemlerin kurulumu ve kullanımınıdır. Division sisteminde tesisin tamamı düşünülürken özel onaylı kuruluşlar tarafından tesislerin tamamı uygunluğu hakkında karar verilir.

Zone sisteminde tesise konulacak sistemler tek tek yetkili kuruluşlar tarafından uygunluğuna karar verilerek sertifika alınmaktadır [14].

Division sistemi patlama üçgeninde ki üç bileşen bütün olarak düşünülmektedir. Bir patlama meydana gelmesi durumunda patlamanın kapalı bir ortamda kalması ve

dışarıya sızarak yayılması prensibine dayanır. Patlama kaynağı çelik döküm olan gövde içerisine alınmak suretiyle patlamanın gövde içerisinde kalması sağlanır. Sistem bütün olarak düşünüldüğü için ekipman bazında sertifikalandırma istenmemektedir.

Zone sisteminde patlama üçgenini oluşturan bileşenler ayrı ayrı değerlendirilir. Bu bileşenlerden biri olan ateşleme kaynaklarının patlayıcı ortam oluşturup oluşturmadıkları test edilmekte, yetkili ve onaylı kuruluşlar tarafından ayrı ayrı sertifikalandırılmaktadır.

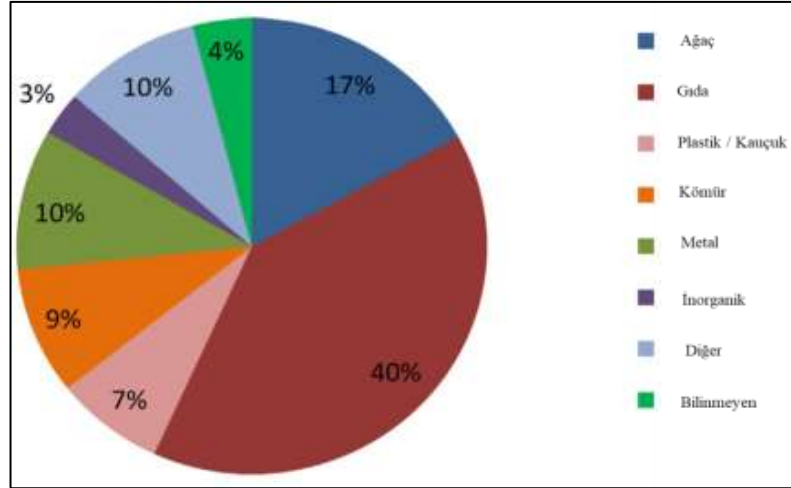
Sonuç olarak hem Division hem de Zone sistemi patlama nedeniyle tesisi tehlikeye düşürecek zayıf bir noktası yoktur. Amerikan sistemi daha sağlam, daha geniş ve maalesef daha pahalıdır. Avrupa sistemi bölüm olarak incelediğinden daha karmaşık fakat daha ucuz olmasındır.

Bölüm olarak değerlendirildiği için patlayıcı ortamlarda çalışacak teknik personelin daha fazla teknik bilgiye sahip olması gerekmektedir. Hem Amerikan hem de Avrupa sisteminde Division ve Zone belirlenmesini işverene veya işverene bağlı uzmana bırakılmaktadır.

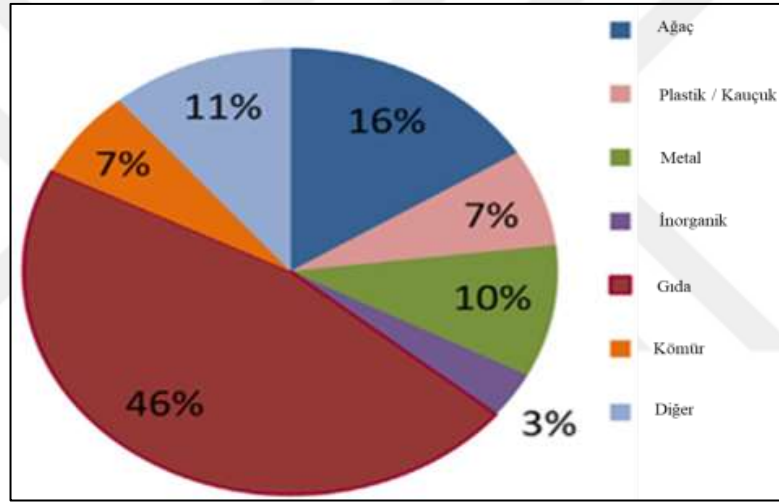
1.3.8. Dünyada yaşanmış toz patlamaları

1785 Torino şehrinde bir fırında havada asılı olan un partiküllerinin bir gaz lambasının tetiklemeyle patlama meydana gelmesi, durumun ciddiyeti ve ne kadar tehlikeli olabileceği insanlar tarafından fark edilmeye başlansa da, düzenli kayıt 19. yüzyılın sonlarında başlamıştır [5]. 1919 yılında ABD’de Iowa’da bir mısır işleme tesisinde meydana gelen bir toz patlamasında 43 kişi hayatını kaybetmiştir. ABD 1924’te 42 kişi öldü [5]. ABD’deki Christi’de 1981’de büyük ihracat tahıl silosu fabrikasında toz patlaması sonucu 9 kişi hayatını kaybetti ve 30 kişi yaralandı.

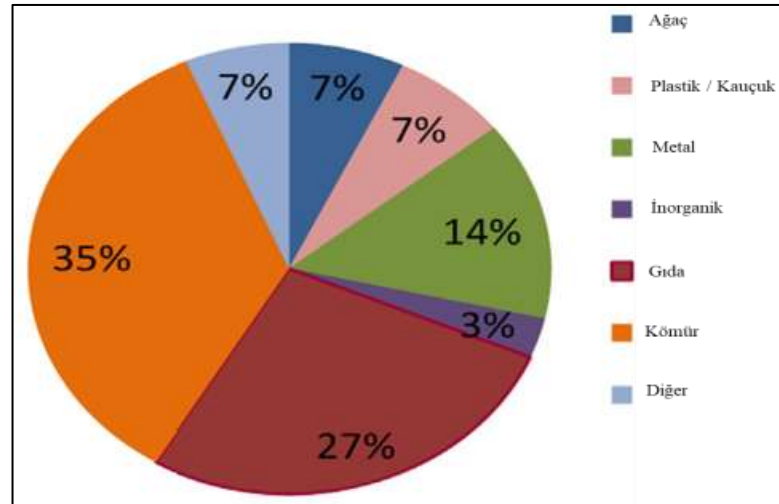
Dünya çapında meydana gelen 2000’den fazla toz patlama kazasını dikkate alınarak yapılan bir çalışmada, 1785 ve 2012 arasında yaşanan bu kazalarda farklı ekonomik seviyedeki kaza frekansları tartışılmıştır. Çin ve Amerika Birleşik Devletleri temsil etmek için örnek olarak seçilmiştir. Şekil 1.29 Dünya’da yaşanmış, Şekil 1.30. ABD’de yaşanmış, Şekil 1.31 Çin’de yaşanmış toz patlamalarını göstermektedir.



Şekil 1.29. Dünyada yaşanmış toz patlamaları [5]



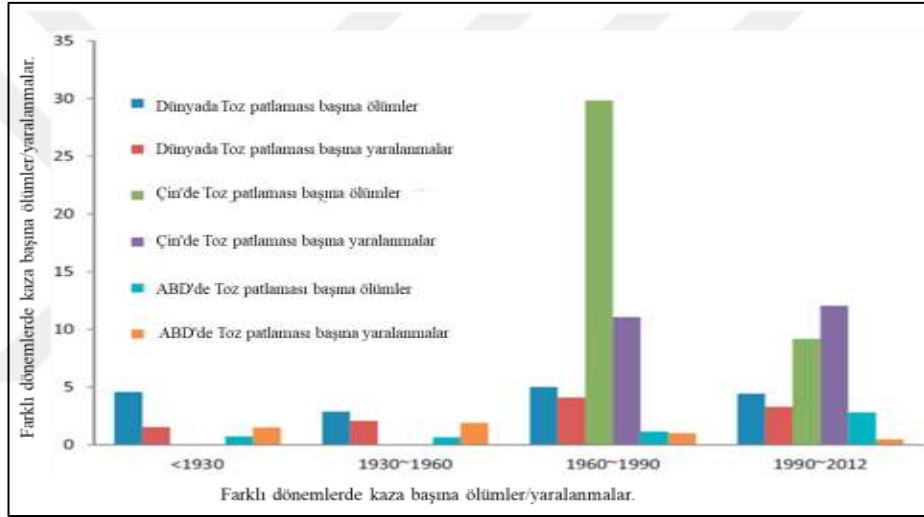
Şekil 1.30. ABD'de yaşanmış toz patlamaları [5]



Şekil 1.31. Çin'de yaşanmış toz patlamaları [5]

Yapılan çalışmada dünya genelinde her toz patlaması başına ölümlerin 1930 yılından önce 4,6 yaralanmaların 2,9 olduğu sonucuna varılmıştır. 1930 ve 1960 yılları arasında dünya genelinde ölümler azalırken yaralanmalar artmıştır. 1960 ve 1990 arasında ölümler 5,0 ve yaralanmalar 4,4 değerlerine yükselmiştir. Bu yıllar arasında Çin'de kaza başına ölümler yükseldi ve 29,8 değerine ulaştı. Bu 1960 ve 1990 yılları arasında dünya çapında en yüksek değer anlamına gelmektedir.

Tersine, Toz patlaması başına ölümler ve yaralanmalar Amerika Birleşik Devletleri, özellikle Çin'e kıyasla, çeşitli dönemlerde dünyadan daha düşüktür. Şekil 1.32'de farklı dönemlerde kaza başına ölümler / yaralanmalar gösterilmiştir.



Şekil 1.32. Farklı dönemlerde kaza başına ölümler / yaralanmalar [5]

2. ÖRNEK UYGULAMA

2.1. Risk Analizi

2.1.1. Hata türleri ve etkileri analizi - FMEA

Bir ağaç işleme tesisinde yapılan örnek çalışmada risk değerlendirme olarak hata türleri ve etkileri metodu kullanılmıştır. Ülkemizde uzmanlar tarafından çok sık kullanılan risk değerlendirme metodlarından biridir. Çoğunlukla kimya endüstrisi ve otomobil sektöründe kullanılmaktadır. Çok sık kullanılmasının bir sebebi de uygulanmasının kolay olması ve çok fazla teorik bilgi gerekmektedir. İlk olarak ABD ordusunda Askeri Prosedür MIL-P-1629, 9 Kasım 1949 tarihinde başlatılmıştır. Bu metot hatanın olabileceği yer ve alanlarının tek tek çözümler ve genellikle parçaların ve ekipmanların analizine odaklanır. Sistem ve donatım hatalarının etkilerinin belirlenmesi için güvenilir bir değerlendirme tekniği olarak kullanılmıştır [23]. FMEA analizi, tasarım, proses, sistem ve hizmet konularında süreç içerisinde meydana gelebilecek hata türlerinin belirlenmesi, saptanabilirliği ve şiddet derecelerine göre bu hata türlerinin sınıflandırılmasında kullanılmaktadır.

2.1.2. Hata türleri ve etkileri analizi - FMEA türleri

2.1.2.1. Tasarım FMEA

Daha deneme aşamasında önce tasarım çalışmaları sırasında çok riskli alanları tespit etmek için yapılan analiz çalışmasıdır.

2.1.2.2. Proses FMEA

Montaj ve kurulum faaliyetlerini analiz etmek ve bu faaliyetlerde aksamalara sebep olabilecek hata türleri üzerine yoğunlaşır.

2.1.2.3. Sistem FMEA

Sistem ve alt sistemleri analiz ederek, sistemin eksiklerinden doğan sistem fonksiyonları arasındaki potansiyel hata türlerini belirlemeye odaklanır.

2.1.2.4. Hizmet FMEA

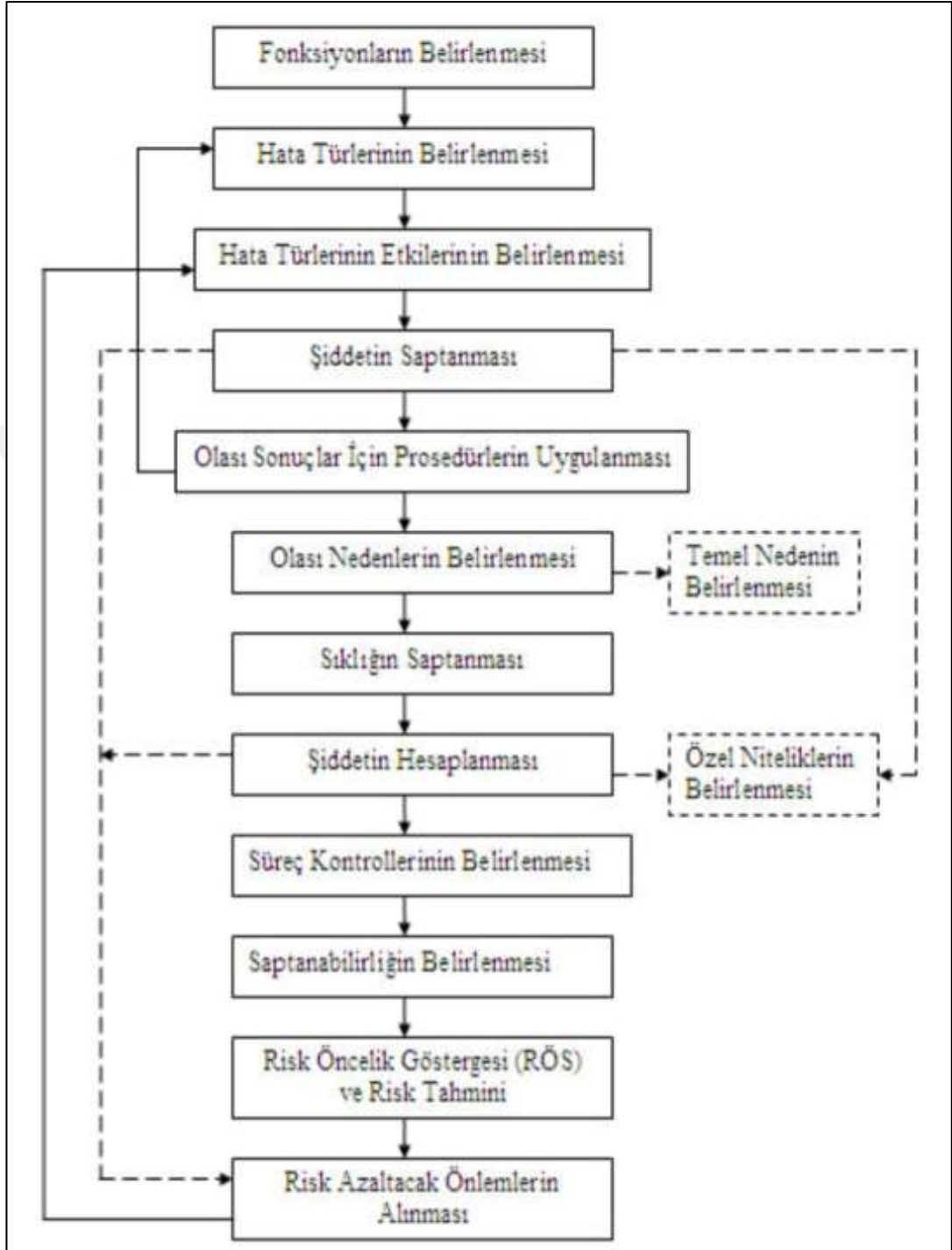
Organizasyondaki yaşanabilecek sorunlar analiz edilerek organizasyon faaliyetleri arasında önceliklendirme yapılması yardımcı olur.

2.1.3. FMEA süreci

FMEA analizi uygulamasında standart uygulama bir uygulama yoktur. Her tesisi kendi organizasyon şemasına ve tesisin talebine göre kendine özgü bir uygulama süreci oluşturmakta ve bu süreci takip etmektedir. Uygulama süreçlerindeki farklılıklara rağmen kabul gören bir FMEA prosedürü;

- Sistem çalıştığında sistemin ne yapması gerektiği tam olarak bilinmelidir.
- Sistem parçalara bölünerek bileşenler daha iyi anlaşılmalıdır.
- Akış şemaları kullanılarak sistemin bileşenleri ve bu bileşenler arasındaki ilişkiler daha iyi anlaşılmalıdır.
- Tam bir bileşen listesi hazırlanmalıdır.
- Sistemin çalışmasını engelleyecek potansiyele sahip çevresel ve operasyonel faktörler belirlenmelidir.
- Her bir bileşenin hata türünü ve bu hata türünün sistemi nasıl etkilediği belirlenmelidir.
- Bileşene ait hata türü için tehlike derecesi belirlenmelidir.
- Hata türünün ortaya çıkma olasılığı ve saptanabilirliği tahmin edilmelidir.
- Risk öncelik değeri hesaplanmalıdır.
- RÖS değeri baz alınarak önlem alınması gerekli hata türlerine karar verilmelidir.
- Hata türleri ile ilgili çözüm önerileri ortaya konulmalıdır.
- Analiz özetlenir.

Şekil 2.1’de FMEA süreci gösterilmiştir.



Şekil 2.1. FMEA süreci [23]

2.1.1. Hata türü ve etkileri analizinin(FMEA) bileşenleri

Hata türü ve etkileri analizi hesaplamasında kullanılan bileşenler; olasılık, şiddet ve fark edilebilirlik parametreleridir.

RÖS (Risk Öncelik Sayısı) = O (Hatanın olasılığı) × Ş (Şiddetin etkisi) × F (Fark edilebilirlik)

Tablo 2.1 Zararın oluşma olasılığı gösterilmiştir.

Tablo 2.1. Zararın oluşma olasılığı [23].

Hata Olasılığı	Hatanın İhtimali	Derece
Çok Yüksek: Kaçınılmaz Hata	½'den fazla	10
	1/3	9
Yüksek: Tekrar tekrar hata	1/8	8
	1/20	7
Orta: Ara sıra olan hata	1/80	6
	1/400	5
	1/2000	4
Düşük: Nispeten az olan hata	1/15000	3
	1/150000	2
Pek az: Olası olmayan hata	1/15000000	1

Tablo 2.2'de zararın şiddeti verilmiştir.

Tablo 2.2. Zararın şiddeti [23]

FMEA Şiddet Etki Sınıflandırılması		
Etki	Şiddetin Etkisi	Derece
Uyarısız Gelen Tehlike	Felakete yol açabilecek etkiye sahip ve uyarısız gelen potansiyel hata	10
Uyarısız Gelen Tehlike	Yüksek hasara, toplu ölümlere ve yüksek çevresel etkiye yol açabilecek uyarısız gelen potansiyel hata	9
Çok Yüksek	Sistemin tamamen hasar görmesini sağlayan yıkıcı etkiye sahip ağır yaralanmalara, 3. Derece yanık, akut ölümü vb. etkiye sahip hata türü	8
Yüksek	Ekipmanın tamamen hasar görmesine sebep olan ve ölüme, zehirlenme, 3. derece yanık, akut ölüm vb. etkiye sahip hata türü	7
Orta	Sistemin performansını etkileyen, uzuv ve organ kaybı, ağır yaralanma, kanser vb. yol açan hata	6
Düşük	Kırık, kalıcı küçük iş göremezlik, 2. derece yanık, beyin sarsıntısı vb. etkiye sahip hata	5
Çok Düşük	İncinme, küçük kesik ve sıyrıklar, ezilmeler vb. hafif yaralanmalar ile kısa süreli rahatsızlıklara neden olan hata	4
Küçük	Sistemin çalışmasında yavaşlatan hata	3
Çok Küçük	Sistemin çalışmasında kargaşaya yol açan hata	2
Yok	Etki yok	1

Tablo 2.3’de fark edilebilirlik durumu gösterilmiştir.

Tablo 2.3. Fark edilebilirlik [23]

Fark Edilebilirlik	Fark Edilebilirlik Olasılığı	Derece
Fark Edilemez	Potansiyel hatanın nedeninin ve takip eden hatanın keşfedilebilirliği mümkün değil	10
Çok Az	Potansiyel hatanın nedeninin ve takip eden hatanın keşfedilebilirliği çok uzak	9
Az	Potansiyel hatanın nedeninin ve takip eden hatanın keşfedilebilirliği uzak	8
Çok Düşük	Potansiyel hatanın nedeninin ve takip eden hatanın keşfedilebilirliği çok düşük	7
Düşük	Potansiyel hatanın nedeninin ve takip eden hatanın keşfedilebilirliği düşük	6
Orta	Potansiyel hatanın nedeninin ve takip eden hatanın keşfedilebilirliği orta	5
Yüksek Ortalama	Potansiyel hatanın nedeninin ve takip eden hatanın keşfedilebilirliği yüksek ortalama	4
Yüksek	Potansiyel hatanın nedeninin ve takip eden hatanın keşfedilebilirliği yüksek	3
Çok Yüksek	Potansiyel hatanın nedeninin ve takip eden hatanın keşfedilebilirliği çok yüksek	2
Hemen Hemen Kesin	Potansiyel hatanın nedeninin ve takip eden hatanın keşfedilebilirliği hemen hemen kesin	1

2.1.2. FMEA risk analizi sonucunun değerlendirilmesi

Bu bileşenlere göre tabloya eklenir. RÖS değeri bulunduktan sonra sırasıyla en yüksek değerden başlanarak önlemler alınır;

- RÖS < 40 ise önlem almaya gerek yoktur.
- $40 \leq RÖS \leq 100$ ise önlem alınmasında fayda vardır.
- RÖS > 100 ise acil önlenmesi gerekir.

2.1.3. Tesis tanıtımı ve ağaç işleme tesisinde kullanılan ekipmanlar

Toz oluşabilecek ortamlara örnek işyeri ağaç işleme tesisleridir. Tesiste sektörün talepleri doğrultusunda tahtalar işlenmekte ve hazırlanmaktadır. Tahta malzemeleri işlemek ve hazırlamak için baş kesme, şerit testere, Freze, açılı gönye kesme ve çizicili yatar daire makineleri kullanılmaktadır. Bu işyerinde proseste ahşap tozu ortaya çıkmaktadır.

Şekil 2.2’de açılı gönye kesme makinesi gösterilmiştir.



Şekil 2.2. Açılı gönye kesme makinesi

Şekil 2.3’de baş kesme makinesi verilmiştir.



Şekil 2.3. Baş kesme makinesi

Şekil 2.4’de freze tezgâhına yer verilmiştir.



Şekil 2.4. Freze tezgâhı

Şekil 2.5’de planya makinesi gösterilmiştir.



Şekil 2.5. Planya makinesi

Şekil 2.6’da şerit kesme makinesi verilmiştir.



Şekil 2.6. Şerit kesme makinesi

2.1.4. Risk analizi uygulaması

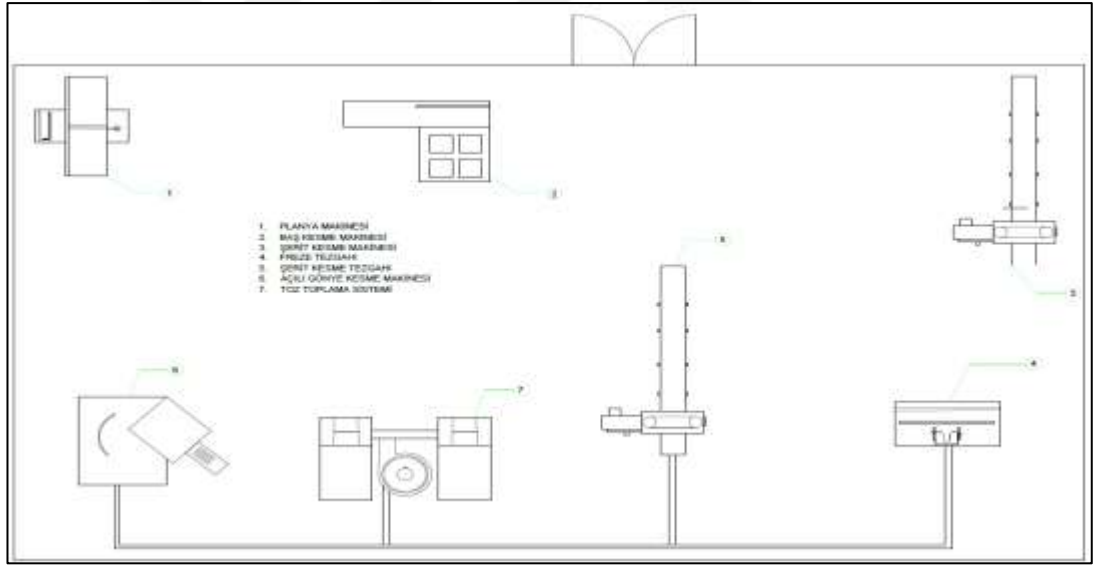
Ağaç işleme tesisinde yapılan Hata Türleri ve Etkileri Analizinin (FMEA) sonuçları değerlendirildiğinde $RÖS > 100$ ve $40 \leq RÖS \leq 100$ koşulları kapsamında, acil önlem alınması gereken ve önlem alınmasında faydalı durumlar tespit edildi. Tesis müdürüne gerekli bilgilendirmeler yapıldı. Her ekipman için detaylı risk analizi tabloları;

- Ek 2’de toz toplama FMEA risk değerlendirme kartı gösterilmektedir.
- Ek 3’de açılı gönye kesme makinesi FMEA risk değerlendirme kartı gösterilmektedir.
- Ek 4’de şerit testere makinesi FMEA risk değerlendirme kartı gösterilmektedir.
- Ek 5’de baş boy kesme makinesi FMEA risk değerlendirme kartı gösterilmektedir.
- Ek 6’da freze tezgâhı makinesi FMEA risk değerlendirme kartı gösterilmektedir.
- Ek 7’de planya tezgâhı makinesi FMEA risk değerlendirme kartı gösterilmektedir.

2.2. Patlamadan Korunma Çalışmaları

2.2.1. Tesis yerleşim planı

Şekil 2.7’de tesis genel yerleşim planı verilmiştir.

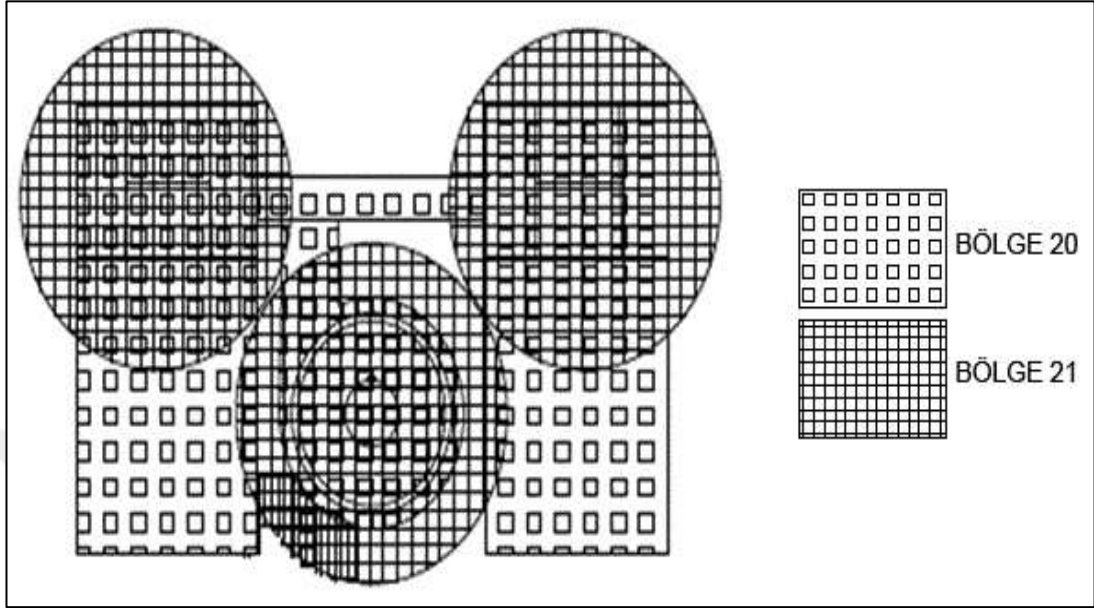


Şekil 2.7. Tesis genel yerleşim planı

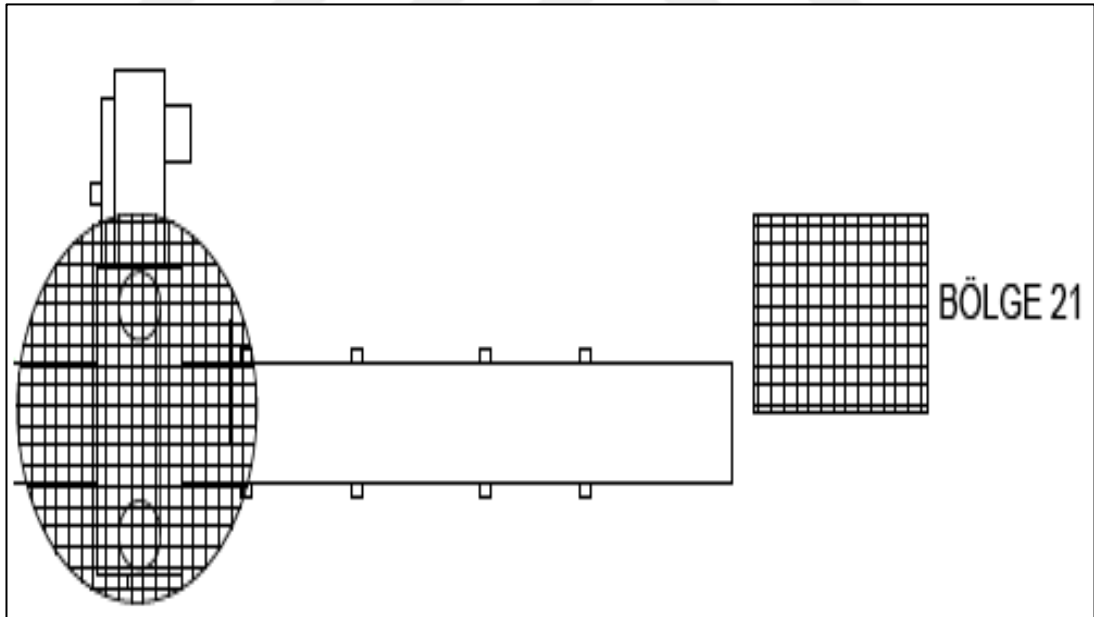
2.2.2. Tehlikeli bölge tipi ve boyutu belirleme çalışmaları

Tehlikeli bölgelerin belirlenmesinde öncelikle tesisteki ağaç işleme makineleri, toz toplama sistemi bulundurup bulundurmamalarına göre iki sınıfa ayrılmış ve standart (60079-10-2) ekinde belirtilen hususlar dikkate alınarak bölge tipleri ve bölge boyutları belirlenmiş ve örnek çizimlerle gösterilmiştir.

Buna göre, toz toplama sistemi olmayan makine çevresinde yaklaşık 1 m mesafe (düşeyde zemin seviyesine kadar) Bölge 21 olarak belirlenmiştir (Şekil 2.9).



Şekil 2.8. Toz toplama sistemi bölge gösterimi



Şekil 2.9. Toz toplama sistemi olmayan kesim makinelerinin bölge gösterimi

Toz toplama sistemi olan makinelerde salım kaynağı etrafındaki 3 metrelik alan (düşeyde zemin seviyesine kadar) Bölge 22 olarak belirlenmiştir. Ayrıca toz toplama sisteminin içi Bölge 20 olarak, toz toplama sistemine bitişik alanlar ise 1 metrelik

3. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada bir ağaç işleme tesisinde yanıcı toz varlığına bağlı olarak patlayıcı ortam oluşabilecek bölümler incelenmiş, muhtemel salım kaynakları belirlendikten sonra bölge tipleri ve bölge boyutları belirlenerek mevcut durum ortaya konmuş ve olası patlamaların önüne geçilebilmesi için yapılması gereken çalışmalarla ilgili öneriler sunulmuştur.

Çalışmada öncelikle muhtemel salım kaynakları tespit edilmiş, tehlikeli bölge tipleri ve boyutları belirlenmiştir. Tehlikeli bölge içerisinde kalan elektrikli teçhizatlar incelenmiştir. Yapılan incelemelerde yapılan tespitler şu şekildedir;

- Toz toplama sisteminin içi ve çevresindeki tehlikeli bölgeler dikkate alınarak sistemde kullanılan motor incelenmiş, mevzuatın gerektirdiği şekilde, belirlenen bölge tipine uygun ex-proof ekipman etiketi görülememiştir.
- Planya makinesinde motor enerji butonu incelenmiş, mevzuatın gerektirdiği şekilde, belirlenen bölge tipine uygun ex-proof ekipman etiketi görülememiştir.
- Şerit testere makinesinde acil durdurma butonu incelenmiş, mevzuatın gerektirdiği şekilde, belirlenen bölge tipine uygun ex-proof ekipman etiketi görülememiştir.
- Freze tezgahında motor ve acil durdurma butonu incelenmiş, mevzuatın gerektirdiği şekilde, belirlenen bölge tipine uygun ex-proof ekipman etiketi görülememiştir.

Yapılan tespitler sonucunda, olası patlayıcı ortamların oluşmasının ve patlamaların önüne geçilebilmesi için yapılması gereken çalışmalar belirlenmiştir. Buna göre;

- Her bir tehlikeli bölge için elektrikli ekipmanlar tehlikeli bölge dışına taşınmalı ya da bölge tipine uygun ex-proof elektrikli ekipmanlar kullanılmalıdır. Ayrıca bu ex-proof cihazların kurulumu ile bakım ve onarımları düzenli bir şekilde ve yetkin kişilerce yapılmalıdır.

- Tutuşturucu kaynak olarak davranabilecek kesme ve ısıl işlemler için çalışma izin formları hazırlanmalı ve kullanılmalı, statik elektrik oluşumunun engellenmesi için gerekli topraklama işlemleri yerine getirilmelidir.
- Tesiste ortama yayılan tozların bir patlayıcı ortam oluşturmaması için uygun toz toplama sistemleri kullanılmalıdır.
- Tesiste toz birikmelerini önlemek üzere temizlik iş talimatları hazırlanmalı, periyodik temizlikler düzenli olarak yapılmalıdır.
- Patlayıcı ortam uyarı levhalarıyla tehlikelere ve bunlara bağlı risklere dikkat çekilmelidir. Ayrıca alışanlar patlayıcı ortam tehlikeleri ve bu tür ortamlardaki çalışma gereklilikleri konusunda bilgilendirilmelidir.



KAYNAKLAR

- [1] Parlak E., Patlama Riskli Ortamlarda Kullanılacak Ekipman Seçimi ve Patlama Korunmalı Ex-Proof Malzemeler), Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli, 2008, 233236.
- [2] <http://www.yanginkursu.com> (Ziyaret tarihi: 3 Mart 2019).
- [3] Terzioğlu N., Patlayıcı Ortamlarda Güvenlik ve Denetim, 3. ATEX Sempozyumu, Kocaeli, Türkiye, 01-03 Ekim 2015.
- [4] Asana M. M., Endüstriyel Tesislerde Toz Patlamaları, Modellenmesi ve Risk Azaltılması, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2015,421112.
- [5] Yuan Z., Khakzad N., Khan F., Amyotte P., Dust Explosions: A Threat to the Process Industries, *Process Safety and Environmental Protection*, 2005, **98**, 57-71.
- [6] TS EN 60079-10-2, Patlayıcı Ortamlar- Bölüm 10-2: Alanların Sınıflandırılması - Patlayıcı Toz Ortamları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 2015.
- [7] Resmi Gazete, Maddelerin ve Karışımların Sınıflandırılması, Etiketlenmesi ve Ambalajlanması Hakkında Yönetmelik, 2013, 28848.
- [8] BS 2955, Glossary of Terms Relating to Powders, *British Standard*, London, 1958.
- [9] National Fire Protection Association, *Guide for Venting of Deflagrations*, 2002 ed., NFPA, Quincy, 2002.
- [10] Bingöl N., Patlayıcı Ortamlarda Kullanılacak Ex-Proof Elektrik Cihazlarının Tesisatı, Tamir, Bakım, Onarımı ve Sistemlerin Verimliliği, Yüksek Lisans Tezi, Üsküdar Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2015, 426648.
- [11] Chatrathi K., Going J., Dust Deflagration Extinction, *Process Safety Programme*, 2000, **19**, 146-153.
- [12] Abbasi T., Abbasi S. A., Dust Explosions - Cases, Causes, Consequences, and Control, *Journal Of Hazardous Materials*, 2007, **140**, 7-44.
- [13] <http://staubex.ifa.dguv.de> (Ziyaret tarihi: 5 Mayıs 2019).

- [14] Karakuş Y., Patlamadan Korunma Dokümanı Hazırlama, Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı Eğitim Merkezi, 18.01.2017,
- [15] Cote E. A., *Fire Protection Handbook*, 20th ed., Quincy, Massachusetts, 2008.
- [16] Resmi Gazete, 6331 Sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu, 30 Haziran 2012, 28339.
- [17] Resmi Gazete, Çalışanların Patlayıcı Ortamların Tehlikelerinden Korunması Hakkında Yönetmelik, 30 Nisan 2013, 28633.
- [18] Resmi Gazete, Patlayıcı Ortamların Tehlikelerinden Çalışanların Korunması Hakkında Yönetmelik, 26 Aralık 2003, 25328.
- [19] http://www.merckmillipore.com/TR/tr/product/msds/MDA_CHEM-820846?Origin=SERP (Ziyaret tarihi: 19 Mart 2019).
- [20] İrkit S., Yanıcı Patlayıcı Ortamlarda Kullanılabilecek Bir Elektronik Sistem Tasarımı, Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli, 2016, 436198.
- [21] Resmi Gazete, Muhtemel Patlayıcı Ortamda Kullanılan Teçhizat ve Koruyucu Sistemler ile İlgili Yönetmelik, 30 Haziran 2016, 29758.
- [22] Eğri N., Patlayıcı Ortamlarda İş Güvenliği, İş Sağlığı ve Güvenliği Uzmanlık Tezi, Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı, İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü, Ankara, 2008.
- [23] <https://docplayer.biz.tr/445420-Is-sagligi-ve-guvenligi-yonetim-sistemleri-ve-risk-degerlendirme-metodolojileri.html> (Ziyaret tarihi: 5 Şubat 2019).



EKLER

EK -A

Tablo A.1. Koruma tipi, sembolü ve ilgili standart

Koruma tipi	Sembolü	İlgili IEC standardı
Kendinden emniyetli	Ex-ia	IEC 6009-11
Kapsül, döküm reçine içene alarak koruma	Ex-ma	IEC 60079-18
EPL-b seviyesinde iki bağımsız koruma uygulaması		IEC 60070-26
Optik koruma yöntemi uygulanan alet ve data nakil sistemleri	Ex-op-is	IEC 60079-28
Alev sızmaz gövde	Ex-d	IEC 60079-1
Artırılmış emniyet	Ex-e	IEC 60069-7
Kendinden emniyetli	Ex-ib	IEC 60069-11
Kapsüllü koruma	Ex-mb	IEC 60069-18
Yağlı,sıvılı korumu	Ex-o	IEC 60069-6
Basınçlandırılmış koruma	Ex-p,Ex-px, Ex-py	IEC 60069-2
Tozlu, kuvarz tozlu koruma	Ex-q	IEC 60069-5
Fieldbus FİSKO tipi kendinden emniyetli data nakil sistemi		IEC 60069-27
Optik koruma yöntemi uygulanan alet ve data nakil sistemleri	Ex-op-is Ex-op sh Ex-op-pr	IEC 60069-28
Kendinden emniyetli korunmuş alet ve devreler	Ex-ic	IEC 60069-11
Kapsüllü koruma	Ex-mc	IEC 60069-18
Ark çıkarmaz koruma , non sparking aletler	Ex-n, Ex-nA	IEC 60079-15
Sınırlı havalandırılmalı	Ex-nR	IEC 60079-15
Enerjisi sınırlı alet veya devreler	Ex-nL= Ex-ic	IEC 60079-15
Ark çıkarmaz aletler	Ex-nC	IEC 60079-15
Basınçlı mahvaza	Ex-pz	IEC 60079-2
Optik koruma yöntemi uygulanan alet ve data nakil sistemleri	Ex-op-is Ex-op-sh Ex-op-pr	IEC 60069-28

EK-B

Tablo B.1. Toz toplama FMEA risk değerlendirme kartı

Tehlike Kodu	Hata Türleri	Etkileri	Potansiyel Neden(ler)	Mevcut Kontroller	Siddet	Olasılık	Farklılıklar	R.Ö.S	Önleyici Faaliyet
1	Makinede alışıp ve midif işlenmesi sırasında ortamı kirleten tozun toplanmamasıdır.	Makinede alışıp ve midif işlenmesi sırasında ortamı kirleten tozun toplanmamasıdır. Bu alanda tozun alt patlama seviyesine (g/m ³) ulaşığına ve Surlanmış tozların toplanmaması kaymak ile toza toz getirmeye patlama meydana gelebilir.	<ul style="list-style-type: none"> Toz toplama sisteminde belirlenen zone ayrılmış elektrikli elektrikli tozların bertarafını yapmaması 	Çalışma ortamında polimerden koruma önlemleri hazırlanarak bölge sınırları belirlenmiş.	7	6	5	210	<ul style="list-style-type: none"> Belirlenen ZONE izlenim içinde yer alan elektrikli ekipman ev-proot olmak ya da ZONE dışına çıkarmaktır Tozu karandırmayacak şekilde uygun temizlik tabirleri hazırlanacaktır. Toz emisyon sisteminde tozun toplanmış çevreye baki aralıklarla boşaltılması.
2	Makinede alışıp ve midif işlenmesi sırasında tozların toz ortamına yayılması	Toz toplama sistemi ortamdaki tozların toz ortamına yayılması	<ul style="list-style-type: none"> Çalışma ortamının dimerli olarak temizlenmesi 	Çalışma ortamında alüminyum tozları toz ortamına yayılmaması için önlemler alınmıştır.	4	5	100	<ul style="list-style-type: none"> KKD kontrol ortamı hazırlanması Tozu karandırmayacak şekilde uygun temizlik tabirleri hazırlanacaktır. 	<ul style="list-style-type: none"> Tozu karandırmayacak şekilde uygun temizlik tabirleri hazırlanacaktır. Toz emisyon sisteminde tozun toplanmış çevreye baki aralıklarla boşaltılması.
3	Makinede alışıp ve midif işlenmesi sırasında toz toz ortamına yayılması	Çevre toz toz ortamına yayılması	<ul style="list-style-type: none"> Çalışma ortamının dimerli olarak temizlenmesi 	Çalışma ortamında kişisel koruyucu gömlek kullanılması.	4	5	100	<ul style="list-style-type: none"> KKD kontrol ortamı hazırlanması Tozu karandırmayacak şekilde uygun temizlik tabirleri hazırlanacaktır. 	<ul style="list-style-type: none"> Elektrikli ekipmanların deforme olup olmadığını gözetim kontrolü yapılması ve kayıt alınması. İletken yüzeylerde kontrol arızaları ile toz toz ortamına yayılması. Yüksek olarak toz toz ortamına yayılması. Kazak alması riski kontrolü yapılması.
4	Elektrikli kaçış	Elektrikli kaçması	<ul style="list-style-type: none"> Elektrikli ekipmanların deforme olup olmadığını gözetim kontrolü yapılması 	Elektrikli ekipmanların deforme olup olmadığını gözetim kontrolü yapılması.	7	5	210	<ul style="list-style-type: none"> Elektrikli ekipmanların deforme olup olmadığını gözetim kontrolü yapılması ve kayıt alınması. İletken yüzeylerde kontrol arızaları ile toz toz ortamına yayılması. Yüksek olarak toz toz ortamına yayılması. Kazak alması riski kontrolü yapılması. 	<ul style="list-style-type: none"> Elektrikli ekipmanların deforme olup olmadığını gözetim kontrolü yapılması ve kayıt alınması. İletken yüzeylerde kontrol arızaları ile toz toz ortamına yayılması. Yüksek olarak toz toz ortamına yayılması. Kazak alması riski kontrolü yapılması.
5	Gürültü oluşumu	Yüksek sese maruz kalma, kalıcı zehirlenme, alüminyum tozuna maruz kalma	<ul style="list-style-type: none"> Ekipmanların esli teknoloji ile üretilmiş olması Ekipmanların çalışması sırasında toz toz ortamına yayılması 	Çalışma ortamında kişisel koruyucu toz maskesi kullanılması.	6	7	126	<ul style="list-style-type: none"> Yüksek ses seviyesi ile üretilen ekipmanların araştırılması Düzensiz olarak akretilen toz toz ortamına yayılması ve toz toz ortamına yayılması Çalışma ortamında toz toz ortamına yayılması Çalışma ortamında toz toz ortamına yayılması 	<ul style="list-style-type: none"> Yüksek ses seviyesi ile üretilen ekipmanların araştırılması Düzensiz olarak akretilen toz toz ortamına yayılması ve toz toz ortamına yayılması Çalışma ortamında toz toz ortamına yayılması Çalışma ortamında toz toz ortamına yayılması
6	Makinede alışıp ve midif işlenmesi sırasında toz toz ortamına yayılması	Toz toz ortamına yayılması	<ul style="list-style-type: none"> Toz emisyon sisteminin çalışması Çalışma ortamının dimerli olarak temizlenmesi 	Çalışma ortamında kişisel koruyucu toz maskesi kullanılması.	6	7	126	<ul style="list-style-type: none"> Toz emisyon sisteminin çalışması Çalışma ortamının dimerli olarak temizlenmesi 	<ul style="list-style-type: none"> Toz emisyon sisteminin çalışması Çalışma ortamının dimerli olarak temizlenmesi
7	Yeterli aydınlatma	Çalışma alanına toz toz ortamına yayılması, toz toz ortamına yayılması ve toz toz ortamına yayılması	<ul style="list-style-type: none"> Çalışma alanına toz toz ortamına yayılması İş kaynağı ile makine arasında yeterli bir mesafe bulunmaması 	Aydınlatma yeterli olduğu çalışmada belirlenmiştir.	4	4	80	<ul style="list-style-type: none"> Çalışma alanına toz toz ortamına yayılması İş kaynağı ile makine arasında yeterli bir mesafe bulunmaması 	<ul style="list-style-type: none"> Çalışma alanına toz toz ortamına yayılması İş kaynağı ile makine arasında yeterli bir mesafe bulunmaması

EK -C

Tablo C.1. Açılı gönye kesme makinesi FMEA risk değerlendirme kartı

Tehlike Kodu	Hata Türleri	Etkileri	Potansiyel Neden(ler)	Mevcut Kontroller	Siddet	Olabilirlik	R.O.S	Önleyici Faaliyet
1	Açılı gönye kesme makinesi ile alışıp çataları işlenmesi sırasında ince çta parçaları ile talaş ve tozların birikmesi	Göze toz, talaş kayması	<ul style="list-style-type: none"> Toz emiş sisteminin sürekli çalıştırılmaması. Çalışma ortamının düzenli olarak temizlenmemesi 	Çalışanların kişisel koryucuyu gözlük kullanması.	4	3	60	<ul style="list-style-type: none"> KKD kontrol formu hazırlanması Tozu havalandırma için uygun temizlik talimatları hazırlanmalı. Toz emiş sistemi olmayan makinelerde toz emiş sistemi yapılması/çalışmada sürekli çalıştırılmalıdır. Elektrik kablolarının defome olup olmadığının gözetilerek kontrolü yapılması ve kayıt altına alınması. İletken yüzeylerde kontrol anahtarları ile kaçak kontrolü yapılması. Yıllık olarak topraklama ölçümlerinin yapılması. Kaçak akım rölesi konulması
2	Elektrik kaçağı	Elektrik çarpması	<ul style="list-style-type: none"> Elektrik kablolarının defome olup olmadığının gözetilerek kontrolü yapılması İletken yüzeylerde kaçak akım varlığı 	Elektrik kablolarının defome olup olmadığının gözetilerek kontrolü yapılması	7	5	210	<ul style="list-style-type: none"> Yıllık olarak topraklama ölçümlerinin yapılması. Kaçak akım rölesi konulması Piyasada daha ileri teknoloji ile üretilen ekipmanın araştırılması Düzenli olarak akredite olmuş bir kuruluşa tarafından kişisel ve ortam maruziyet ölçümlerinin yapılması. Ekipmanın çalışması ortamında izole edilmesi. Çalışanlara od to testi yapılması.
3	Gürültü oluşumu	Yüksek sese maruz kalma, kulak zarı zararlanması, akutistik travma	<ul style="list-style-type: none"> Ekipmanın eski teknoloji ile üretilmiş olması Ekipmanın çalışması ortamında izole edilmemesi 	Çalışanlara kulak koryucuyu vermesi ve kullanılması	6	7	126	<ul style="list-style-type: none"> Çalışanlara od to testi yapılması.
4	Kesici, delici ekipmanlar	Cısm kesmesi, delici kesici yaralanma, hemorojik şok	<ul style="list-style-type: none"> Ekipmanda koryucuyu muhafaza olmaması Dikkatsiz çalışma Odaklanma eksikliği İş talimatlarının yeterli olarak yetersizliği İş yapış şeklinin düzgün olmaması Yasal periyodik kontrollerin yapılması Yetersiz bakım 	<ul style="list-style-type: none"> Ekipmanda koryucuyu muhafaza edilmesi Kesme işlemi sırasında elle dokunmadan aparatla müdahale edilmesi. 	4	5	100	<ul style="list-style-type: none"> Ekipmanda koryucuyu muhafaza edilmesi Çalışanlara odaklanma ve dikkatli çalışma konularında eğitimler verilmesi İş talimatlarının revize edilmesi. İş yapılıncaya kadar aparat kullanılması Yasal periyodik kontrollerin ve bakımının yapılması
5	Ağrılı	Cısm anasma sıkımsa, multiple travma, yumuşak doku travması ve hemorojik şok	<ul style="list-style-type: none"> İşlenecek malzemenin acile edilerek tezgaha verilmesi Elle taşıma tekniğine uygun yöntemle tezgaha verilmemesi İşlenecek malzemenin talimatlara uygun olarak tezgaha dikkatli olarak verilmesi. 	Çalışanlara elle yük kaldırma eğitimi verilerek kayıt altına alındı.	4	2	40	<ul style="list-style-type: none"> İşlenecek malzemenin dikkatli edilerek tezgaha verilmesi Elle taşıma tekniğine uygun yöntemle tezgaha verilmesi İşlenecek malzemenin talimatlara uygun olarak tezgaha dikkatli olarak verilmesi.
6	Açılı gönye kesme makinesi ile alışıp çataları işlenmesi sırasında toz oluşumu	Toz solunumu	<ul style="list-style-type: none"> Toz emiş sisteminin olmaması Çalışma ortamının düzenli olarak temizlenmemesi 	Çalışanların kişisel koryucuyu toz maskesi kullanması.	6	7	168	<ul style="list-style-type: none"> Toz emiş sistemi olmayan makinelerde toz emiş sistemi yapılması/çalışmada sürekli çalıştırılmalıdır. Ortamdaki hava akımının engellenmesi İşlenecek malzemenin talimatlara uygun olarak tezgaha dikkatli olarak verilmesi.
7	Yetersiz aydınlatma	Cısm anasma sıkımsa, multiple travma, yumuşak doku travması ve hemorojik şok	<ul style="list-style-type: none"> Çalışma alanının aydınlatılmaması olması İşık kaynağı ile makine arasında engelleyici herhangi bir unsurun girmesi. 	Aydınlatmanın yeterli olduğu çalışma alanlarındaki çalışanlara baş lambadan verildi.	4	4	80	<ul style="list-style-type: none"> Çalışma alanının aydınlatılması İşık kaynağı ile makine arasında engelleyici herhangi bir unsurun girmesinin engellenmesi.

EK -D

Tablo D.1. Şerit testere makinesi FMEA risk değerlendirme kartı

Tehlike Kodu	Hata Türleri	Etkileri	Potansiyel Neden(ler)	Mevcut Kontroller	Siddet	Olasılık	Farklılaşabilirlik	R.Ö.S	Önerilen Faaliyet
2	Şerit testere ile alışıp ve motif işlemesi sırasında arızanın yoktan bulunmaması	Şerit testere makinesi ile alışıp ve motif işlemesi sırasında hata bulunmaması	<ul style="list-style-type: none"> Tor emiş sisteminin olmaması/sıvı ile çalışmaması Çalışma ortamının dikkatli olarak temizlenmesi 	Çalışma ortamında alışıp ve motif işlemesi için uygun olarak tasarlanmış, yabancı madde temizleme cihazlarının bulunması	4	5	100	<ul style="list-style-type: none"> Tor temizleme cihazı ile uygun temizlik alınmasını koordine etmek Tor emiş sisteminin olmaması veya emiş sisteminin çalışmaması 	
3	Şerit testere ile alışıp ve motif işlemesi sırasında tor ve madde çıkması	Güç ve kayma	<ul style="list-style-type: none"> Tor emiş sisteminin olmaması Çalışma ortamının dikkatli olarak temizlenmesi 	Çalışma ortamında kişisel koruyucu ekipman kullanılması	4	5	100	<ul style="list-style-type: none"> KKD kontrol bulunmaması Tor temizleme cihazı ile uygun temizlik alınmasını koordine etmek Tor emiş sisteminin olmaması veya emiş sisteminin çalışmaması 	
4	Elektrik kaza	Elektrik çarpması	<ul style="list-style-type: none"> Elektrik kablolarının deforme olmaması İletken yüzeylerde kaçak alan varlığı 	Elektrik kablolarının deforme olup olmadığının gözetilerek kontrolü yapılması	7	5	210	<ul style="list-style-type: none"> Elektrik kablolarının deforme olup olmadığının gözetilerek kontrolü yapılması İletken yüzeylerde kontrol analizi ile kaçak kontrolü yapılması Yüksek olarak ıslak alanların önlenmesi yapılması Kaçak alan riskleri kontrolü yapılması 	
5	Grütün çıkması	Yüksek sese maruz kalma, İletken zara zararlanması, duşuk travma	<ul style="list-style-type: none"> El yapımı emiş teknolojisi ile emişin olmaması El yapımı çalışma ortamında toz emilmesinin olmaması 	Çalışma ortamında kişisel koruyucu ekipman ve emiş cihazlarının kullanılması	6	7	126	<ul style="list-style-type: none"> Pratikte daha iyi teknoloji ile emişin olmamasının önlenmesi Dikkatli olarak emişin kontrolü yapılması ve ortamın maruziyet ölçümlerinin yapılması El yapımı çalışma ortamında toz emilmesinin önlenmesi Çalışma ortamında toz emilmesinin önlenmesi 	
6	Kesici, delici ekipmanlar	Cisim kesme, delici kesici yaralanma, kemorojik şok	<ul style="list-style-type: none"> Ekipmanlarda koruyucu malzemelerin olmaması Dikkatli çalışma Odaklanma eksikliği İş talimatlarının yanlış olarak yorumlanması İş yapış şeklinin dikkatli olmaması Yasal periyodik kontrollerin yapılması Yeterli bakım 	İşleme işleri sırasında elle dokunmadan aparatın muayene edilmesi	4	5	100	<ul style="list-style-type: none"> Ekipmanlarda koruyucu malzemelerin bulunması Çalışma ortamında dikkatli çalışma yapılması İş talimatlarının revize edilmesi İş yapış şeklinin dikkatli yapılması Yasal periyodik kontrollerin ve bakımın yapılması 	
7	Ağır yük	Cisim arızası, sıvı sızıntı, mükemmel travma, yunusluk, doku travması ve kemorojik şok	<ul style="list-style-type: none"> İşletme malzemesinin arızeli çalışması Elle taşıma teknolojisi ile emişin olmaması İşletme malzemesinin arızeli çalışması 	Çalışma ortamında kişisel koruyucu ekipman kullanılması	4	4	80	<ul style="list-style-type: none"> İşletme malzemesinin arızeli çalışması Elle taşıma teknolojisi ile emişin olmaması İşletme malzemesinin arızeli çalışması 	
8	Şerit testere ile alışıp ve motif işlemesi sırasında tor çıkması	Sıvı sızıntı	<ul style="list-style-type: none"> Tor emiş sisteminin olmaması Çalışma ortamının dikkatli olarak temizlenmesi 	Çalışma ortamında kişisel koruyucu ekipman kullanılması	6	7	168	<ul style="list-style-type: none"> Tor emiş sisteminin olmaması veya emiş sisteminin çalışmaması Çalışma ortamının dikkatli olarak temizlenmesi İşletme malzemesinin arızeli çalışması 	
9	Yeterli aydınlatma	Cisim arızası, sıvı sızıntı, mükemmel travma, yunusluk, doku travması ve kemorojik şok	<ul style="list-style-type: none"> Çalışma ortamında yeterli aydınlatma olmaması İşletme malzemesinin arızeli çalışması 	Aydınlatma yeterli olduğu çalışma alanlarında çalışmaya başlanılmadan önce kontrol edilmesi	4	4	80	<ul style="list-style-type: none"> Çalışma ortamında yeterli aydınlatma İşletme malzemesinin arızeli çalışması 	

EK -E

Tablo E.1. Şerit testere makinesi FMEA risk değerlendirme kartı

Tahlike Kodu	Hata Türleri	Etkileri	Potansiyel Nedenler	Mevcut Kontroller	Siddet	Olasılık	Ölçülebilirlik	R O S	Önleyici Faaliyet
1	Şerit testere ile ahşap ve mdf işlenmesi sırasında orta ve yan tarafların ortasına yayılan tozdan korunması	Şerit testere makinesi ile ahşap ve mdf işlenmesi sırasında tozdan korunması sağlanmaz. Bu durumda tozdan korunma önlemleri ortasına yayılan tozdan korunması ve sağlanmaz. Bu durumda tozdan korunma önlemleri ortasına yayılan tozdan korunması sağlanmaz.	<ul style="list-style-type: none"> Toz emiş sisteminin olmaması sürekli çalıştırılmaması Kesim makinesinin belirlenmiş zone etrafındaki elektrikli ekipmanların tozdan korunması sağlanmaması 	<p>Çalışma ortamında aktif bölgenin ortasına yayılan tozdan korunma önlemleri sağlanmaz.</p>	7	6	5	210	<ul style="list-style-type: none"> Belirlenmiş ZONE içerisinde yer alan elektrikli ekipmanlar es-geof önlemleri ya da ZONE dışına çıkarılmaları. Toz emiş sistemini çalıştırmak için uygun tekniklik alınmalıdır. Toz emiş sistemi olmayan makinelere toz emiş sistemi yapılmaması sağlanmalıdır.
2	Şerit testere ile ahşap ve mdf işlenmesi sırasında ortasına yayılan tozdan korunması	Şerit testere makinesi ile ahşap ve mdf işlenmesi sırasında tozdan korunma sağlanmaz.	<ul style="list-style-type: none"> Toz emiş sisteminin olmaması sürekli çalıştırılmaması Çalışma ortamının düzenli olarak temizlenmemesi 	<p>Çalışma ortamında aktif bölgenin ortasına yayılan tozdan korunma önlemleri sağlanmaz.</p>	4	5	5	100	<ul style="list-style-type: none"> Toz emiş sistemini çalıştırmak için uygun tekniklik alınmalıdır. Toz emiş sistemi olmayan makinelere toz emiş sistemi yapılmaması sağlanmalıdır.
3	Şerit testere ile ahşap ve mdf işlenmesi sırasında toz ve yağ oluşumu	Gözetim tozdan korunması	<ul style="list-style-type: none"> Toz emiş sisteminin olmaması Çalışma ortamının düzenli olarak temizlenmemesi 	<p>Çalışma ortamında aktif bölgenin ortasına yayılan tozdan korunma önlemleri sağlanmaz.</p>	4	5	5	100	<ul style="list-style-type: none"> KKD kontrol fonksiyonlarının çalışması. Toz emiş sistemini çalıştırmak için uygun tekniklik alınmalıdır. Toz emiş sistemi olmayan makinelere toz emiş sistemi yapılmaması sağlanmalıdır.
4	Elektrik baskı	Elektrik baskısı	<ul style="list-style-type: none"> Elektrik kablolarının deforme olmaması Elektrik kablolarının deforme olmaması Belirli yüzeylerde kaçak akım varlığı 	<p>Elektrik kablolarının deforme olmaması sağlanmalıdır.</p>	7	5	6	210	<ul style="list-style-type: none"> Elektrik kablolarının deforme olmaması için koruyucu yapılmaması ve kayıtlı akım alınması. Belirli yüzeylerde kaçak akım varlığına önlem alınması. Yüksek akım cinsi kontrol edilmesi. Kaçak akım cinsi kontrol edilmesi.
5	Çarpılma oluşumu	Tülsüz ses maruz kalma, kırık zanaç oluşması, kırık zanaç oluşması, kırık zanaç oluşması	<ul style="list-style-type: none"> Ekipmanın esni teknoloji ile üretilmiş olması Ekipmanın çalışması ortamında izole edilmemesi 	<p>Çalışma ortamında aktif bölgenin ortasına yayılan tozdan korunma önlemleri sağlanmaz.</p>	6	7	3	126	<ul style="list-style-type: none"> Pyrostatik delme ünitesi teknolojisi ile üretilen ekipmanların araştırılması Düzensiz olarak akımların oluşması için koruyucu önlemlerin alınması ve ortam maruziyet ölçümlerinin yapılması. Ekipmanların çalışması ortamında izole edilmesi. Çarpılmalara neden olan test yapılması.
6	Kesici delici ekipmanlar	Cisim kesmesi, delici kesici yaralanma, hemorojik şok	<ul style="list-style-type: none"> Ekipmanın koruyucu önlemlerle olmaması Dikkatsiz çalışma Okulların eksikliği İş talimatlarının yanlış olarak verilmemesi İş yapışma önlemlerinin alınmaması Yasal periyodik kontrollerin yapılması Terseriz bakımı 	<p>Çalışma ortamında aktif bölgenin ortasına yayılan tozdan korunma önlemleri sağlanmaz.</p>	4	5	5	100	<ul style="list-style-type: none"> Ekipmanlarda koruyucu önlemler yapılması Çalışma ortamında aktif bölgenin ortasına yayılan tozdan korunma önlemleri sağlanmalıdır. İş talimatlarının doğru olarak verilmemesi İş yapışma önlemlerinin alınmaması Yasal periyodik kontrollerin yapılması ve bakımının yapılması
7	Ağır yük	Cisim arızası oluşma, mdf ile çalışma, yumuşak dokü travması ve hemorojik şok	<ul style="list-style-type: none"> İşlenmiş malzemenin ağırlıkla çalışması Elle taşıma işlemlerinde uygun yöntemle taşıma yapılması İşlenmiş malzemenin düzenli olarak temizlenmesi 	<p>Çalışma ortamında aktif bölgenin ortasına yayılan tozdan korunma önlemleri sağlanmaz.</p>	4	4	5	80	<ul style="list-style-type: none"> İşlenmiş malzemenin ağırlıkla çalışması önlemleri alınmalıdır. Elle taşıma işlemlerinde uygun yöntemle taşıma yapılması İşlenmiş malzemenin düzenli olarak temizlenmesi
8	Şerit testere ile ahşap ve mdf işlenmesi sırasında toz oluşumu	Solunma	<ul style="list-style-type: none"> Toz emiş sisteminin olmaması Çalışma ortamının düzenli olarak temizlenmemesi 	<p>Çalışma ortamında aktif bölgenin ortasına yayılan tozdan korunma önlemleri sağlanmaz.</p>	6	7	4	168	<ul style="list-style-type: none"> Toz emiş sistemini çalıştırmak için uygun tekniklik alınmalıdır. Çalışma ortamının düzenli olarak temizlenmesi
9	Yetersiz aydınlatma	Cisim arızası oluşma, mdf ile çalışma, yumuşak dokü travması ve hemorojik şok	<ul style="list-style-type: none"> Çalışma alanının iyi aydınlatılması İş yapışma önlemlerinin alınmaması 	<p>Çalışma ortamında aktif bölgenin ortasına yayılan tozdan korunma önlemleri sağlanmaz.</p>	4	4	5	80	<ul style="list-style-type: none"> Çalışma alanının iyi aydınlatılması İş yapışma önlemlerinin alınmaması

EK-F

Tablo F.1. Baş boy kesme makinesi FMEA risk değerlendirme kartı

Tehlike Kodu	Hata Türleri	Etkileri	Potansiyel Neden(ler)	Mevcut Kontroller	Siddet	Olasılık	Parçelelilik	R.O.S	Önleyici Faaliyet
1	Baş boy kesme makinesi ile alışıp ve ndf işlenmesi sırasında tozuna geçecek miktardır. Bu alanlarda tozun altı patlama seviyesine (g/m3) ulaştığında ve Smritan dinmiş hacimde tutuş üretilir kaynak ile bir araya geldiğinde patlama meydana gelebilir.	Baş boy kesme makinesi ile alışıp ve ndf işlenmesi sırasında tozuna geçecek miktardır. Bu alanlarda tozun altı patlama seviyesine (g/m3) ulaştığında ve Smritan dinmiş hacimde tutuş üretilir kaynak ile bir araya geldiğinde patlama meydana gelebilir.	<ul style="list-style-type: none"> • Toz emiş sisteminin olmaması • Kesim makinelerinde belirlenen zone etrafındaki elektrikli/elektriksiz tutuşma kaymaklarının bertarafının yapılmaması 	Çalışma ortamında patlıktan korunma dokümanı hazırlanarak bölge sınırları belirlenmiştir.	7	6	5	210	<ul style="list-style-type: none"> • Belirlenen ZONE tanımları içinde yer alan elektrikli ekipman exp-proof olmalı ya da ZONE dışına çıkarılmalıdır • Toza havalandırma ya da emiş sistemi ile uygun temizlik talimatları hazırlanmalıdır. • Toz emiş sistemi olmayan makinelere toz emiş sistemi yapılmalıdır.
2	Baş boy kesme makinesi ile alışıp ve ndf işlenmesi sırasında kaba tozun yanması	Baş boy kesme makinesi ile alışıp ve ndf işlenmesi sırasında kaba tozun yanması	<ul style="list-style-type: none"> • Toz emiş sisteminin olmaması • Çalışma ortamının düzenli olarak temizlenmemesi 	Çalışma ortamında aktif önlem olarak taşınabilir yangın söndürme cihazlarının bulunması	4	5	5	100	<ul style="list-style-type: none"> • Toza havalandırma ya da emiş sistemi ile uygun temizlik talimatları hazırlanmalıdır. • Toz emiş sistemi olmayan makinelere toz emiş sistemi yapılmalıdır.
3	Baş boy kesme makinesi ile alışıp ve ndf işlenmesi sırasında toz oluşumu	Göze toz kaçması	<ul style="list-style-type: none"> • Toz emiş sisteminin olmaması • Çalışma ortamının düzenli olarak temizlenmemesi 	Çalışanların kişisel koruyucu gözlük kullanması.	4	5	5	100	<ul style="list-style-type: none"> • KKD kontrol formu hazırlanması • Toza havalandırma ya da emiş sistemi ile uygun temizlik talimatları hazırlanmalıdır. • Toz emiş sistemi olmayan makinelere toz emiş sistemi yapılmalıdır.
4	Baş boy kesme makinesi ile alışıp ve ndf işlenmesi sırasında elektrik kaçağı	Elektrik çarpması	<ul style="list-style-type: none"> • Elektrik kablolarının deforme olup olmaması • İletken yüzeylerde kaçak alan varlığı 	Elektrik kablolarının deforme olup olmadığının göze kontrolü yapılması	7	5	6	210	<ul style="list-style-type: none"> • Elektrik kablolarının deforme olup olmadığının göze kontrolü yapılması. • İletken yüzeylerde kaçak alanların kontrolü yapılması. • Yalıtım olarak topraklama ölçümlerinin yapılması. • Kaçak alan rölesi konulması
5	Baş boy kesme makinesi ile alışıp ve ndf işlenmesi sırasında gürültü oluşumu	Yüksek ses maruz kalma, kulak zarı zararlanması, akustik travma	<ul style="list-style-type: none"> • Ekipmanın eski teknoloji ile üretilmiş olması • Ekipmanın çalışma ortamında izole edilmemesi 	Çalışanlara kulak koruyucu verilmesi ve kullanılması	6	7	3	126	<ul style="list-style-type: none"> • Piyasada daha ileri teknoloji ile üretilen ekipmanın anlaşılması • Dışarıdan kulak koruyucu olmayan kişisel ve ortam manüzyet ölçümlerinin yapılması. • Ekipmanın çalışma ortamında izole edilmesi. • Çalışanlara odo testi yapılması.
6	Kesici, delici ekipmanlar	Cisim kesmesi, delici kesici yaralanma, hemorojik şok	<ul style="list-style-type: none"> • Ekipmanda koruyucu muhafaza olmaması • Dikkatsiz çalışma • Odaklanma eksikliği • İş talimatlarının öğrenilerek yetersizliği • İş Yapış şeklinin düzgün olmaması • Yasal periyodik kontrolünün yapılınması • Yetersiz bakım 	Çalışma ortamında koruyucu muhafaza takılması kesme işlemi sırasında elle dokunulmayan aparatları muhafaza etmesi.	4	5	5	100	<ul style="list-style-type: none"> • Ekipmanda koruyucu muhafaza takılması • Çalışanlara odaklanma ve dikkatli çalışma konularında eğitimler verilmesi • İş talimatlarının revize edilmesi. • İş yapıldıktan sonra aparat kullanılması • Yasal periyodik kontrolünün ve bakımının yapılması
7	Ağrı/yük	Cisim anasna sıkışma, muhiple travma, yumuşak doku travması ve hemorojik şok	<ul style="list-style-type: none"> • İşlenecek malzemenin acile edilerek tezgaha verilmesi • Elle çalışma tekniğine uygun yöntemle tezgaha verilmesi • İşlenecek malzemenin talimatları uygun olarak tezgaha dikkatli olarak verilmesi. 	Çalışanlara elle yük kaldırma eğitimi verilerek kayıt altına alınır.	4	4	5	80	<ul style="list-style-type: none"> • İşlenecek malzemenin dikkat edilerek tezgaha verilmesi • Elle çalışma tekniğine uygun yöntemle tezgaha verilmesi • İşlenecek malzemenin talimatları uygun olarak tezgaha dikkatli olarak verilmesi.
8	Baş boy kesme makinesi ile alışıp ve ndf işlenmesi sırasında toz oluşumu	Toz solunma	<ul style="list-style-type: none"> • Toz emiş sisteminin olmaması • Çalışma ortamının düzenli olarak temizlenmemesi 	Çalışanların kişisel koruyucu toz maskesi kullanılması.	6	7	4	108	<ul style="list-style-type: none"> • Toz emiş sistemi olmayan makinelere toz emiş sistemi yapılmalıdır. • Ortamdaki hava akımının engellenmesi • İşlenecek malzemenin talimatları uygun olarak tezgaha dikkatli olarak verilmesi.
9	Yetersiz aydınlatma	Cisim anasna sıkışma, muhiple travma, yumuşak doku travması ve hemorojik şok, görme bozukluğu	<ul style="list-style-type: none"> • Çalışma alanını iyi aydınlatılması • İşik kaynağı ile makine anasna engelleyici herhangi bir unsurun girmemesi. 	Aydınlatmanın yetersiz olduğu çalışma alanlarındaki çalışmalara baş lambaları verildi.	4	4	5	80	<ul style="list-style-type: none"> • Çalışma alanını iyi aydınlatılması • İşik kaynağı ile makine anasna engelleyici herhangi bir unsurun girmemesi.

EK -G

Tablo G.1. Freze tezgâhi makinesi FMEA risk değerlendirme kartı

Tehlike Kodu	Hata Türleri	Etkileri	Potansiyel Neden(ler)	Mevcut Kontroller	Siddet	Olasılık	Farkedilebilirlik	R.O.S	Önleyici Faaliyet
1	Freze ile alışıp ve mdf işlenmesi sırasında ortaya çıkan tozun altı patlama limitine gelmesi durumu	Freze ile alışıp ve mdf işlenmesi sırasında tozuna gerekli değildir. Bu alanlarda tozun altı patlama seviyesine ulaştığında ve sınırlandırılmış hacimde toz üreteni kaymak ile temizlenebilir.	• Toz emiş sisteminin olmaması • Kesim makinesinde belirlenen zone etrafındaki elektrikli/elektriksiz tutuşma kaynaklarının bertarafının yapılmaması	Çalışma ortamında patışlanmadan korunma için önlemler alınmalıdır.	7	6	5	210	• Belirlenen ZONE alanının içinde yer alan elektrikli ekipman ex-proto olmalı ya da ZONE dışına çıkarılmalıdır. • Tozu havalandırma ya da emiş sistemiyle uygun temizlik talimatları hazırlanmalıdır. • Toz emiş sistemi çalışmada sürekli çalıştırılmalıdır.
2	Freze ile alışıp ve mdf işlenmesi sırasında kaba tozun birikmesi	Freze ile alışıp ve mdf işlenmesi sırasında kaba tozun birikmesi	• Toz emiş sisteminin olmaması • Çalışma ortamının düzenli olarak temizlenmemesi	Çalışma ortamında aktif önlem olarak toz emişli ya da emişli cihazların kullanılması	4	5	5	100	• Tozu havalandırma ya da emiş sistemiyle uygun temizlik talimatları hazırlanmalıdır. • Toz emiş sistemi çalışmada sürekli çalıştırılmalıdır.
3	Freze ile alışıp ve mdf işlenmesi sırasında toz oluşumu	Göze toz kaçması	• Toz emiş sisteminin olmaması • Çalışma ortamının düzenli olarak temizlenmemesi	Çalışanların kişisel koruyucu gözlük kullanması.	4	5	5	100	• KKD kontrol formu hazırlanmalıdır. • Tozu havalandırma ya da emiş sistemiyle uygun temizlik talimatları hazırlanmalıdır. • Toz emiş sistemi çalışmada sürekli çalıştırılmalıdır.
4	Elektrik kaçağı	Elektrik çarpması	• Elektrik kablolarının deforme olup olmadığı • İletken yüzeylerde kaçak akım varlığı	Elektrik kablolarının deforme olup olmadığını gözle kontrolü yapılması	7	5	6	210	• Elektrik kablolarının deforme olup olmadığını gözle kontrolü yapılması. • İletken yüzeylerde kontrol amaçlı olarak kaçak kontrolü yapılması. • Yıllık olarak topraklama ölçümünün yapılması. • Kaçak akım rölesi konulması
5	Çürütülmüş toz	Yüksek sesse maruz kalma, kulak zarı zararlanması, akustik travma	• Ekipmanın eski teknoloji ile üretilmiş olması • Ekipmanın çalışma ortamında zole edilmemesi	Çalışanlara kulak koruyucu verilmesi ve kulaklı kullanılması	6	7	3	126	• Piyasada daha iyi teknoloji ile üretilen ekipmanların araştırılması • Düzenli olarak akredite olmuş bir kuruluş tarafından kişisel ve ortam maruziyet ölçümlerinin yapılması. • Ekipmanın çalışma ortamında zole edilmesi. • Çalışanlara odo testi yapılması.
6	Kesici, delici ekipmanlar	Kesim kesmesi, delici kesici yaralanma, hemorojik şok	• Ekipmanda koruyucu muhafaza olmaması • Dikkatsiz çalışma • Odağın eksikliği • İş talimatlarının gerek olarak yetersizliği • İş Yapış şeklinin düzgün olmaması • Yasal periyodik kontrolünün yapılmaması • Yetersiz bakım	Çalışanlara koruyucu muhafaza olarak kesme işleme sırasında elle dokunmadan aparatla müdahale edilmesi.	4	5	5	100	• Ekipmanda koruyucu muhafaza talimatları • Çalışanlara odaklama ve dikkatli çalışma konularında eğitimler verilmesi • İş talimatlarının reviz edilmesi. • İş yapıldıktan sonra kullanılması • Yasal periyodik kontrolünün ve bakımının yapılması
7	Ağır yük	Çalışma sırasında, multiple travma, yumuşak doku travması ve hemorojik şok	• İşlenecek malzemenin acele edilerek tezgaha verilmesi • Elle taşıma tekniğine uygun yöntemle tezgaha verilmemesi • İşlenecek malzemenin talimatları uygun olarak tezgaha dikkatli olarak verilmesi.	Çalışanlara elle yük kaldırma eğitimi verilerek kayıt altına alındı.	4	4	5	80	• İşlenecek malzemenin dikkatli olarak tezgaha verilmesi • Elle taşıma tekniğine uygun yöntemle tezgaha verilmesi • İşlenecek malzemenin talimatları uygun olarak tezgaha dikkatli olarak verilmesi. • Toz emiş sistemi çalışmada sürekli çalıştırılmalıdır.
8	Freze ile alışıp ve mdf işlenmesi sırasında toz oluşumu	Soluma	• Toz emiş sisteminin olmaması • Çalışma ortamının düzenli olarak temizlenmemesi	Çalışanların kişisel koruyucu toz maskesi kullanılması.	6	7	4	168	• Toz emiş sistemi çalışmada sürekli çalıştırılmalıdır. • Ortamdaki hava akımının engellenmesi • İşlenecek malzemenin talimatları uygun olarak tezgaha dikkatli olarak verilmesi.
9	Yetersiz aydınlatma	Çalışma sırasında, multiple travma, yumuşak doku travması ve hemorojik şok, göme kayı	• Çalışma alanının iyi aydınlatılmaması • İşik kaynağı ile makine anasına engelleyici herhangi bir unsurun girilmesi.	Aydınlatmanın yetersiz olduğu çalışma alanındaki çalışanlara baş lambaları verildi.	4	4	5	80	• Çalışma alanının iyi aydınlatılması • İşik kaynağı ile makine anasına engelleyici herhangi bir unsurun girilmesini engellenmesi.

EK-H

Tablo H.1. Planya tezgâhi makinesi FMEA risk değerlendirme kartı

Tehlike Kodu	Hata Türleri	Etkileri	Potansiyel Neden(ler)	Mevcut Kontroller	Siddet	Olasılık	Farkedilebilirlik	R.O.S	Önleyici Faaliyet
1	Planya ile tahta işleme sırasında toz ve talaş birikmesi	Planya ile tahta işleme sırasında toz ve talaş birikmesi	• Toz emiş sisteminin olmaması • Çalışma ortamının düzenli olarak temizlenmemesi	Çalışma ortamında aktif önlem olarak çalışabilir yangın söndürme cihazının bulunması	4	5	100	100	• Tozu havalandırmayacak şekilde uygun temizlik talimatları hazırlanmalı. • Toz emiş sistemi olmayan makinelere toz emiş sistemi yapılmalıdır. • KKD kontrol formu hazırlanması
2	Planya ile tahta işleme sırasında talaş oluşumu	Göze toz/talaş kaçması	• Toz emiş sisteminin olmaması • Çalışma ortamının düzenli olarak temizlenmemesi	Çalışanların kişisel koruyucu gözlük kullanması.	4	5	100	100	• Toz emiş sistemi olmayan makinelere toz emiş sistemi yapılmalıdır. • Elektrik kablolarının deforme olup olmadığının gözetilerek kontrolü yapılması. • İşletken yüzeylerde kontrol amaçlı ile kaçak kontrolü yapılması. • Yıllık olarak topraklama ölçümlerinin yapılması. • Kaçak akım rölesi kontrolü yapılması.
3	Elektrik kazağı	Elektrik çarpması	• Elektrik kablolarının deforme olması • İşletken yüzeylerde kaçak akım varlığı	Elektrik kablolarının deforme olup olmadığının gözetilerek kontrolü yapılması	7	5	210	210	• Elektrik kablolarının deforme olup olmadığının gözetilerek kontrolü yapılması. • İşletken yüzeylerde kontrol amaçlı ile kaçak kontrolü yapılması. • Yıllık olarak topraklama ölçümlerinin yapılması. • Kaçak akım rölesi kontrolü yapılması.
4	Çarılma oluşumu	Yüksek sese maruz kalma, kulak zın zararlanması, akutistik travma	• Ekipmanın eski teknoloji ile üretilmiş olması • Ekipmanın çalışma ortamında zole edilmemesi	Çalışanlara kulak koruyucu verilmesi ve kullanılması	6	7	3	126	• Piyasada daha ileri teknoloji ile üretilen ekipman araştırılması • Düzenli olarak akustik ölçüm bir kuruluştan kişisel ve ortam maruziyet ölçümlerinin yapılması. • Ekipmanın çalışma ortamında zole edilmesi. • Çalışanlara odio testi yapılması.
5	Kesici, delici ekipmanlar	Cisim kesmesi, delici kesici yaralanma, hemorojik şok	• Ekipmanda koruyucu muhafaza olmaması • Dikkatsiz çalışma • Okulağın eksikliği • İş talimatlarının açık olarak yetersizliği • İş Yapış şeklinin düzgün olmaması • Yasal periyodik kontrolünün yapılmaması • Yetersiz bakım	İşletme işleminde elle dokunmadan aparatlarla müdahale edilmesi.	4	5	100	100	• Ekipman da koruyucu muhafaza takılması • Çalışanlara odaklanma ve dikkatli çalışma konularında eğitimler verilmesi • İş talimatlarının revize edilmesi. • İş yapıldıktan aparat kullanılması • Yasal periyodik kontrolünün ve bakımının yapılması
6	Ağır yük	cisim anas ma sıkışma, multiple travma, yumuşak doku travması ve hemorojik şok	• İşlenecek malzemenin acele edilerek tezgâha verilmesi • Elle taşıma tekniğine uygun yöntemle tezgâha verilmemesi • İşlenecek malzemenin talimatlara uygun olarak tezgâha dikkatli olarak verilmesi.	Çalışanlara elle yük kaldırma eğitimi verilerek kayıt altına alındı.	4	4	5	80	• İşlenecek malzemenin dikkat edilerek tezgâha verilmesi • Elle taşıma tekniğine uygun yöntemle tezgâha verilmesi • İşlenecek malzemenin talimatlara uygun olarak tezgâha dikkatli olarak verilmesi.
7	Toz oluşumu	Toz oluşumu	• Toz emiş sisteminin olmaması • Çalışma ortamının düzenli olarak temizlenmemesi	Çalışanların kişisel koruyucu toz maskesi kullanması.	6	7	4	168	• Toz emiş sistemi olmayan makinelere toz emiş sistemi yapılmalıdır. • Ortamdaki hava akımının engellenmesi • İşlenecek malzemenin talimatlara uygun olarak tezgâha dikkatli olarak verilmesi.
8	Yetersiz aydınlatma	Cisim anas ma sıkışma, multiple travma, yumuşak doku travması ve hemorojik şok, gömme kaybi	• Çalışma alanının iyi aydınlatılmaması • İşık kaynağı ile makine aras ma engelleyici herhangi bir unsurun girmesi.	Aydınlatmanın yetersiz olduğu çalışma alanlarında çalışanlara baş lambaları verildi.	4	4	5	80	• Çalışma alanının iyi aydınlatılması • İşık kaynağı ile makine aras ma engelleyici herhangi bir unsurun girmesinin engellenmesi.

KİŞİSEL YAYINLAR VE ESERLER

- [1] **Yılmaz Ö.**, Akoral E., Akın M., Arslan H., Demir – Çelik Sektöründe Deri Eldiven Seçimi Kriterleri ve Örnek İyileştirme Uygulaması, 2. *IOSH EXPO Uluslararası İş Sağlığı ve Güvenliği Kongresi ve Fuarı*, İstanbul, Türkiye, 13-15 Aralık 2018.
- [2] **Yılmaz Ö.**, Ersöz Y., Erdem C., Önem O. K., Yılmaz B., Kalsiyum Karbür (Karpit) Varillerinin Boşaltılması, Depolanması ve Taşınması Açısından Patlayıcı Ortam Değerlendirmesinin Yapılması, 2. *IOSH EXPO Uluslararası İş Sağlığı ve Güvenliği Kongresi ve Fuarı*, İstanbul, Türkiye, 13-15 Aralık 2018.

ÖZGEÇMİŞ

1975 yılında Zonguldak Ereğli’de doğdu. İlk, orta, lise eğitimini Kdz. Ereğli’de tamamladı. 1992 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Kimya Bölümünü kazandı. 2001 yılında mezun olduktan sonra bilgisayar ve yazılım üzerine birçok şirkette çalıştı. 2005 yılında evlenerek Zonguldak ili Ereğli ilçesinde yaşamaya devam etti. Şu an Ereğli Demir ve Çelik Fabrikaları’nda A sınıfı İş Güvenliği Uzmanı olarak çalışmaktadır. Aynı zaman da Kocaeli Üniversitesi Fen Enstitüsü ‘İş Sağlığı ve Güvenliği’ yüksek lisans programında eğitimine devam etmektedir.

