



ÇİMENTO ENDÜSTRİSİ İŞVERENLERİ SENDİKASI

Merkez Köybaşı Cad. No:40 34464 Yeniköy/İSTANBUL

T444 2347(CEİS) +90(212)299 9222 F+90(212)299 1151 C+90(532)318 1122

İrtibat Bürosu Tepe Prime A Blok Kat:18 Eskişehir Devlet Yolu

(Dumlupınar Bulvarı) 9. Km. No:266 06800/ANKARA

T+90(312)447 2025 F+90(312)447 8517

www.ceis.org.tr

ÇİMENTO SEKTÖRÜNDE “ENDÜSTRİYEL PATLAMALARDAN KORUNMA” KILAVUZU



ÇİMENTO ENDÜSTRİSİ İŞVERENLERİ SENDİKASI

ÇİMENTO SEKTÖRÜNDE

“ENDÜSTRİYEL PATLAMALARDAN KORUNMA” KILAVUZU



The cover features a decorative design with orange and grey lines. On the left, there are several overlapping, rounded rectangular shapes in orange, resembling stylized arrows or chevrons pointing right. Below these, a series of thin, grey, curved lines sweep across the page, creating a sense of motion and depth. The title is centered within a solid orange horizontal band.

ENDÜSTRİYEL PATLAMALARDAN KORUNMA KILAVUZU

İstanbul, 2015

ÖNSÖZ

Sendikamızın iş sağlığı ve güvenliği alanında yıllardır süregelen çalışmaları kapsamında gerçekleştirilen eğitim projelerinin yanı sıra birçok yayın da hazırlanarak gerek üyelerimizin gerekse konunun profesyonellerinin istifadesine sunulmuştur.

Çimento sektörünün kamuoyunda iş sağlığı ve güvenliğinde “örnek sektör” olarak anılmasında, sektörün güçlü bir İSG kültürünün oluşmasının önemi büyüktür. Bu kültürün oluşumunda ise iş sağlığı ve güvenliği alanında yapılan uygulamalardaki “sektörel birlik”, güçlü bir yapı tesis edilmesini sağlamıştır.

Bu güçlü yapının daha da geliştirilebilmesi amacıyla 2013 yılından itibaren ÇEİS İSG Komitesi'nin katkılarıyla çimento sektörüne özgü riskli faaliyetlerin güvenli bir şekilde gerçekleştirmesini desteklemek amacıyla sektörel İSG kılavuzları hazırlanmaktadır.

Bu kapsamda hazırlanan “Çimento Sektöründe Endüstriyel Patlamalardan Korunma Kılavuzu” ile işyerlerinde yaşanabilecek patlamaların gerekli hesaplamalar yapılarak önceden tespit edilmesi ve ortadan kaldırılmasının sağlanması amacıyla kullanılacak risk kontrol yöntemleri ve hazırlanması gereken “Patlamadan Korunma Dokümanı”na ilişkin detaylar açıklanmıştır.

Endüstriyel patlamalardan korunma konusunda sektörel düzeyde hazırlanan ilk kılavuz olma özelliği taşıyan “Çimento Sektöründe Endüstriyel Patlamalardan Korunma Kılavuzu”nun uygulamacılar için yararlı olmasını diler, bu kapsamlı çalışmayı hazırlayan IEP Technologies Türkiye Genel Müdürü Emre ERGÜN’e teşekkür ederim.

İstanbul, Kasım 2015

Saygılarımla,

Tufan ÜNAL

Yönetim Kurulu Başkanı

Çimento Endüstrisi İşverenleri Sendikası

Bu kitabın yayın ve dağıtım hakkı ÇEİS'e aittir.
Tamamı veya herhangi bir bölümü ÇEİS'in yazılı izni olmadan fotokopi dahil mekanik ve elektronik olarak transfer edilemez, çoğaltılamaz ve dağıtılamaz.

Yayın No : 34
Grafik Tasarım & Düzenleme : İlkaY KIRMIZIGÜL
1. Basım : Kasım 2015 (750 Adet)
Baskı : DESEN OFSET A.Ş. Birlik Mah. 448. Cad. 476. Sk. No:2 Çankaya/ANKARA

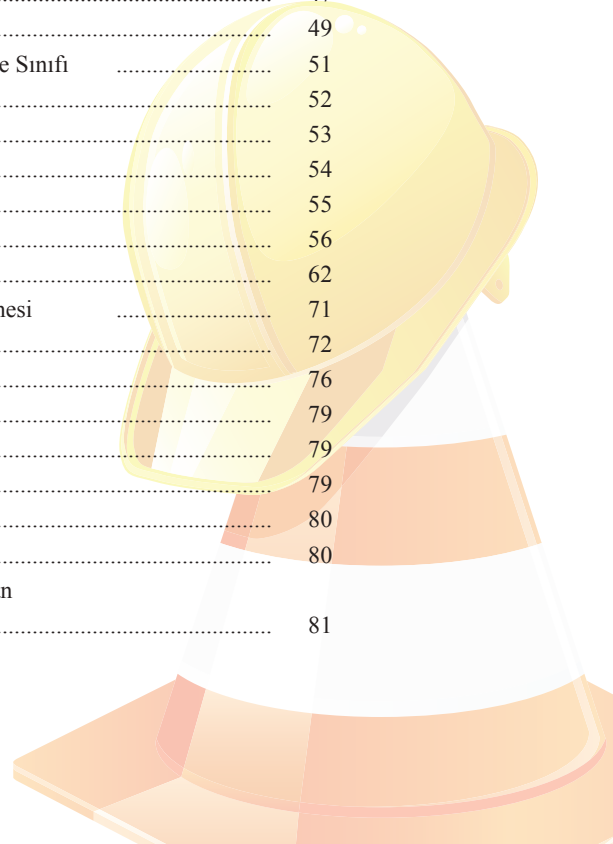
ENDÜSTRİYEL PATLAMALARDAN
KORUNMA KILAVUZU



**İÇİNDEKİLER**

ÖNSÖZ	III
İÇİNDEKİLER	VI-VIII
GRAFİKLER DİZİNİ	IX
TABLolar DİZİNİ	X-XI
ŞEKİLLER DİZİNİ	XII
FOTOĞRAFLAR DİZİNİ	XIII
FORMÜLLER DİZİNİ	XIV
1. GİRİŞ	1
2. KAPSAM VE KONUYA İLİŞKİN MEVZUAT	2
2.1 Kapsam	2
2.2 Konuya İlişkin Mevzuat	2
3. PROJE KAPSAMINDA YAPILAN ANKETİN SONUÇLARI	5
3.1 2009-2014 Yılları Arasında ÇEİS Üyelerinde Yaşanan Patlama ve Yangınların Dağılımı	9
4. MALZEMELERİN PARLAMA VE ALEVLENME ÖZELLİKLERİ	12
4.1 Yanıcı ve Parlayıcı Tozlar	12
4.2 Tozların Alevlenme ve Parlama Verilerinin Analizi	13
4.2.1 Patlayabilirlik Değerleri (ASTM E1226)	16
4.2.2 Minimum Patlayabilir Toz Bulutu Konsantrasyonu (MEC)	17
4.2.3 Toz Bulutunun Minimum Alevlenme Enerjisi (MIE)	17
4.2.4 Toz Bulutunun Parlama için Gereken Minimum Oksijen Konsantrasyonu (MOC)	19
4.2.5 Toz Bulutu Alevlenme Sıcaklığı AIT_c	19
4.2.6 Toz Tabakası Alevlenme Sıcaklığı AIT_L	20
4.2.7 Kendinden Alevlenme Sıcaklığı	21
4.2.8 Alevlenme Endeksi (BZ)	21
4.3 Kullanılan Yanıcı Sıvı ve Gaz Maddelerin Parlama ve Alevlenme Özellikleri	22
4.3.1 Parlayıcı Gaz ve Buharların Patlama Riski Oluşturduğu Durumlar	22

5. ÇİMENTO ÜRETİMİNDE PATLAYICI TOZLARIN BULUNDUĞU ORTAMLAR İÇİN ZONE ÇALIŞMASI VE RİSK ANALİZLERİ	26
5.1 Üretim Ekipmanları ve İçlerinde Toz Bulutu Oluşan Durumlar	27
5.1.1 Kömür Değirmenleri	30
5.1.2 Statik Separatör ve Toz Kömür Filtresi	32
5.1.3 Kömür Besleme Helezonları	35
5.1.4 Toz Kömür Silosu, Dozajlama Bunkeri ve Pnömatik Yakıt Transfer Hattı	36
5.1.5 Ham Kömür Silosu, Konveyör Bantları ve Lokal Tozsuzlaştırma	38
5.1.5.1 Ham Kömür Silosu ve Konveyör Transfer Noktası Jet Filtresi İçin Zone Belirlenmesi	43
5.1.5.2 Ham Kömür Silosu Zone Sınıflandırılması	44
5.1.5.3 Silo Altı Boşaltma Zincirli Konveyörleri	44
5.1.6 Döner Kömür Kurutucu	45
5.1.7 Kömür Taşıma Kovalı Elevatörü	47
5.1.8 ATY Katı Yakıt Hazırlama Tesisi	49
5.1.8.1 Birincil ve İkincil Parçalayıcılar İçindeki Toz Oluşumu ve Zone Sınıfı	51
5.1.8.2 ATY Konveyör Hatları (Kapalı)	52
5.1.8.3 Drum Separatör (Sürekli Sistem)	53
5.1.8.4 Toz Toplayıcı	54
5.1.8.5 ATY Siloları	55
5.2 Yüzeylerdeki Toz Birikimleri ve Zone Belirlenmesi	56
5.2.1 Kömür Hazırlık ve ATY Tesislerindeki ZONE Durumları	62
5.3 Kömür ve ATY Proseslerindeki Potansiyel Alev Kaynaklarının Belirlenmesi	71
5.3.1 Kömür Stok ve Öğütme Prosesleri Alev Kaynakları	72
5.3.2 ATY Hazırlık Prosesleri Alev Kaynakları	76
5.4 Toz Patlamalarına Karşı Tedbirler	79
5.4.1 Patlamadan Korunma Sistem Alternatifleri	79
5.4.1.1 Patlama Engelleme Alev Kaynakları Kontrolü	79
5.4.1.2 Prosedürel Kontroller	80
5.4.1.3 Patlamadan Korunma	80
5.4.2 Çimento Fabrikalarında Parlayıcı Toz İşleyen Proseslerde Uygulanan Patlamadan Korunma Önlemleri	81





VIII

6. ÇİMENTO FABRİKASI İÇİNDEKİ PARLAYICI GAZ VE BUHARLARIN BULUNDUĞU EKİPMANLAR VE ORTAMLAR İÇİN ZONE ÇALIŞMASI VE DURUM ANALİZİ	91
6.1 Çimento Sektörü için Kılavuz Kapsamında İncelenen Tesisler	91
6.1.1 Isı Santrali (Doğal Gaz) / Kazan Dairesi	92
6.1.2 Fuel Oil ve Atık Yağ Depo Alanı	94
6.2 Parlayıcı Gaz ve Sıvı Buharlarının Olduğu Bölgelerde Zone Belirlenmesi	95
6.2.1 Bölge Hesaplarında Kullanılan Formüller ve Tanımları	96
6.2.2 Havalandırma Derecesinin ve Uygun Zone Sınıfının Tespiti için Örnek Hesaplar	99
6.2.3 Doğal Gaz Buhar Santralinde Tehlikeli Durum Senaryolarının Belirlenmesi Örneği	101
6.2.4 Tipik Doğal Gaz Buhar Santrali ZONE Sınıflandırılması Örneği	106
6.2.5 Zone Sınıflarının ve Yayılma Mesafelerinin Görsel Bildirimi Örneği	110
6.2.6 Fuel Oil ve Atık Yağ Depolarında Zone Sınıfları Belirlenmesi	112
6.3 Parlayıcı Gaz ve Buharların Bulunduğu Prosesler için Potansiyel Alev Kaynaklarının Belirlenmesi ...	115
6.3.1 Parlayıcı Gaz ve Buharlar İçin Elektrikli Ekipmanlar	115
6.3.2 Doğal Gaz Isı Santrali İçinde Olası Alev Kaynakları	116
6.3.3 Fuel Oil ve Atık Yağ Depo Alanı	117
6.4 Gaz/Buhar Kaynaklı Patlamalarına Karşı Tedbirler	119
6.4.1 Patlamadan Korunma Sistem Alternatifleri	119
6.4.1.1 Patlama Engelleme	119
6.4.1.2 Prosedürel Kontroller	120
6.4.1.3 Patlamadan Korunma Metotları	120
6.4.2 Örnek Doğal Gaz Isı Santralinde Tipik Olarak Kullanılan Patlamadan Korunma Önlemleri	120
7. ÇİMENTO FABRİKALARINDA KÖMÜR/ATY İŞLEME PROSESLERİ VE ENERJİ SANTRALLERİNDE RİSKLERİN TAHMİNİ	122
7.1 İzlenen Metodoloji	122
7.2 Örnek Kömür ve ATY Tesisinde Risk Analizi Belirlenmesi	125
7.2.1 Risk Azaltıcı Önlemler ve Bu Önlemler Alındıktan Sonraki Hesaplanan Yeni Risk Değerleri	130
7.3 Örnek Doğal Gaz Buhar Santralinde Risk Analizi Değerleri	142
7.3.1 Risk Azaltıcı Önlemler ve Bu Önlemler Alındıktan Sonraki Hesaplanan Yeni Risk Değerleri	143
EKLER	147

GRAFİKLER DİZİNİ

Grafik 1	ÇEİS Üyelerince Kullanılan Yakıtların Dağılımı	5
Grafik 2	ÇEİS Üyelerince Kullanılan Yakıtların Ortalama Enerji Değerleri	6
Grafik 3	ÇEİS Üyelerince Kullanılan Yakıtların Ortalama Uçucu Madde Oranları	6
Grafik 4	ÇEİS Üyelerince Kullanılan Yakıtların Ortalama Toz Yoğunluğu Değerleri	7
Grafik 5	ÇEİS Üyelerince Kullanılan Yakıtların Ortalama Rutubet Oranları	7
Grafik 6	ÇEİS Üyelerince Kullanılan Yakıtların Ortalama Rutubet Oranı (Öğütme Sonrası)	8
Grafik 7	Öğütme Sonrası 90 Mikron Altı Parçacıkların Yüzdesi	8
Grafik 8	Patlamaların Proseslere Göre Dağılımı (2009-2014 Yılları Arasında).....	11
Grafik 9	Yangınların Proseslere Göre Dağılımı (2009-2014 Yılları Arasında)	11
Grafik 10	1975-1984 Arası Kömür Öğütme Tesislerinde Gerçekleşen 26 Adet Olay	122



**TABLolar DİZİNİ**

Tablo 1 ÇEİS Üyelerince Kullanılan Yakıtların Değerleri	5
Tablo 2 2009-2014 Yılları Arasındaki Kazalar	9
Tablo 3 Patlamaların Proseslere Göre Dağılımı	10
Tablo 4 Yangınların Proseslere Göre Dağılımı	10
Tablo 5 Parçacık Büyüklüğü Dağılımı	12
Tablo 6 Toz Yoğunluğu Değerleri	13
Tablo 7 Kömür ve ATY Tozları Parlama ve Alevlenme Değerleri	15
Tablo 8 K_{ST} Sınıfları ve Patlama Şiddeti	16
Tablo 9 BS 5958 Standardı'na ve MIE Değerlerine Göre Alınması Gereken Önlemler	18
Tablo 10 Tipik Elektrostatik Alev Kaynakları ve Enerji Miktarları	18
Tablo 11 Maksimum YüzeY Sıcaklıkları	19
Tablo 12 Maksimum Kabul Edilebilir YüzeY Sıcaklığı	20
Tablo 13 Yanma Hızı, Alevlenme Endeksi (BZ)	21
Tablo 14 Yanıcı Gaz ve Buharların Değerleri	24
Tablo 15 ZONE Sınıflandırılması ve Diğer Sınıflandırma Kriterleri ile Kıyaslama	27
Tablo 16 Ekipman İçi Minimum, Nominal ve Maksimum İşleme Kapasitesinde, Ekipman ve Bağlantı Borusunda Beklenen Toz Konsantrasyonları	32
Tablo 17 Toz Kömür Filtresi İçinde Oluşan Toz Konsantrasyonu	34
Tablo 18 Helezon İçinde Toz ve Alev Kaynağı Oluşumu Olasılık Hesabı ve Zone Belirlenmesi	35
Tablo 19 Pnömatik Boru Hattı İçinde Toz Kömür Konsantrasyonu Tahmini	38
Tablo 20 Ham Kömür Silo ve Konveyör Hattı Tozsuzlaştırma Jet Filtreleri Toz Konsantrasyonu Hesapları	43
Tablo 21 Zincirli Konveyör İç hacmi İçindeki Toz Bulutu Oluşumu Tahmini	45
Tablo 22 Döner kurutucu İçindeki Toz Bulutu Oluşumu Hesapları	47
Tablo 23 Kovalı Elevatör Ayak ve Kafa Kısımlarındaki Toz Bulutu Oluşumu	49
Tablo 24 Öğütücü Haznelerinde Oluşan Tozun Konsantrasyonu	52
Tablo 25 Konveyör Hattı İçinde Oluşan Tozun Miktarı	53
Tablo 26 Drum Separatör Toz Bulutu Oluşumu Hesapları	53
Tablo 27 ATY Drum Separatör Jet Filtresi Toz Bulutu Konsantrasyonu Tahmini	55
Tablo 28 IEC61241-10 ve EN 50281-3 Temizlik Seviyesi ve Zone Sınıfları	56

Tablo 29	NFPA 654 Toz Birikimi Sınırları Sınıflandırılması ve Kömür İle ATY'lere Uyarlaması	58
Tablo 30	Ortamda Biriken Toz Örneği	59
Tablo 31	Tipik Bir Çimento Fabrikasında Kömür ve ATY Tesisinde Olası ZONE Sınıfları	70
Tablo 32	Çimento Sektöründe Kullanılan Elektrikli Ekipmanlar İçin Olması Gereken ATEX İzinleri	71
Tablo 33	Ham Kömür Stok ve Transfer Sistemleri Alev Kaynakları	76
Tablo 34	ATY Hazırlık Prosesleri Alev Kaynakları	79
Tablo 35	Patlama İzolasyon Seçenekleri	81
Tablo 36	Çimento Fabrikalarındaki Kömür ve ATY İşleme Proseslerinde Bulunan Risk Analizi Yapılan Bölümlerde Kullanılan Bazı Patlama Güvenlik Tedbirlerinin Risk Azaltıcı Önlemler Öncesi Hali	90
Tablo 37	Boşalma Dereceleri	95
Tablo 38	IEC 60079-10 Zone Sınıflandırılması	97
Tablo 39	Vo Alanında Birden Fazla Yayılmanın Toplamının Kullanılması Kriteri	98
Tablo 40	Birden Fazla Ana Dereceli Yayılmanın Toplamının Alınması Prosedürü	98
Tablo 41	Tehlikeli Durum Senaryoları	102
Tablo 42	Tipik Doğal Gaz Buhar Santrali için Gaz Kaçakları Oluşum Senaryoları ve Tahmini Salınım Miktarları	105
Tablo 43	Tipik Doğal Gaz Buhar Santrali ZONE Sınıflandırılması	109
Tablo 44	Fuel Oil ve Atık Yağ Malzeme Bilgileri Özeti	112
Tablo 45	Yanıcı Gaz ve Buharların Kullanıldığı Tesislerdeki Elektrikli Ekipmanlar İçin Olması Gereken ATEX İzinleri	115
Tablo 46	Doğal Gaz Isı Santrali ve Gaz Dağıtım İstasyonları Alev Kaynakları	117
Tablo 47	Fuel Oil ve Atık Yağ Depo Alanları Alev Kaynakları	119
Tablo 48	Kullanılan Patlamadan Korunma Önlemleri	121
Tablo 49	Risk Matrisi - Risk Seviyesi ve Önlem Önceliği Belirleyici Tablo	124
Tablo 50	Örnek Kömür ve ATY İşleme Tesislerinde Risk Tahminleri	129
Tablo 51	Örnek İncelenen Proseslerde Risk Azaltıcı Önlemler Önerileri ve Yeni Risk Değerleri	141
Tablo 52	Örnek Enerji Santralinde Risk Tahminleri	142
Tablo 53	Örnek İncelenen Proseslerde Risk Azaltıcı Önlemler Önerileri ve Yeni Risk Değerleri	144

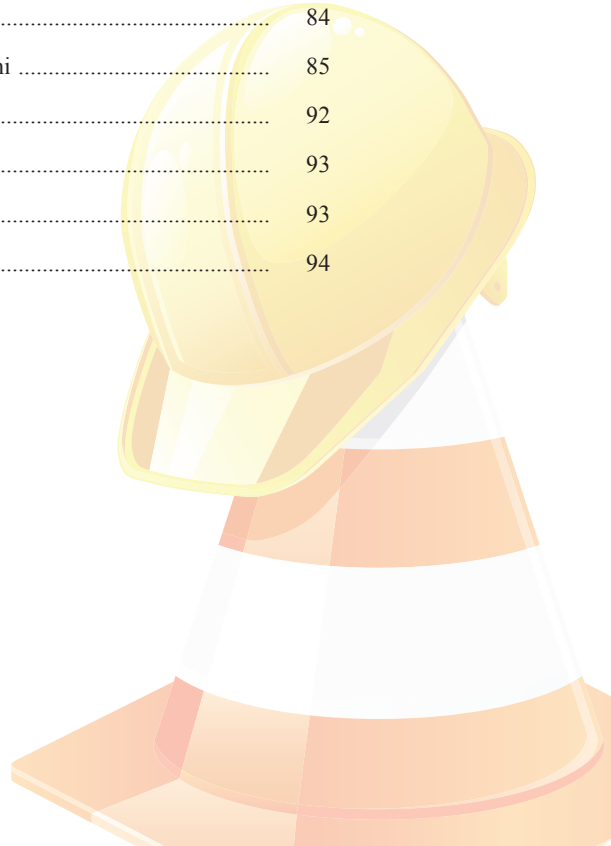


ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1	Gaz veya Buharın Patlama Senaryoları	23
Şekil 2	Çimento Sektöründe Tipik Kömür Öğütme Tesisi ve Ekipmanları	26
Şekil 3	Çimento Fabrikası Kömür İşleme Prosesi Akışı Örneği	29
Şekil 4	ATY Yakıtları Hazırlık Prosesi Akış Şeması Örneği	30
Şekil 5	Toz Kömür Filtresi Detayları	33
Şekil 6	Tipik Toz Kömür Silo ve Dozajlama Hattı Örneği	37
Şekil 7	Ham Kömür Transfer Sistemi ve Tozsuzlaştırma Bağlantıları Örneği	42
Şekil 8	Ham Kömür Alanı Tozsuzlaştırmada Kullanılan Jet Filtre Ölçüleri	43
Şekil 9	Tek Ayaklı Kovalı Elevatör	48
Şekil 10	Drum Seperatör ve Bağlantılı Jet Filtre	51
Şekil 11	Drum Seperatör Jet Filtresi Detayları	54
Şekil 12	IEC 61241-10'a Göre Yanıcı Tozların Bulunduğu Ortamlardaki Ekipmanların İçi ve Etrafındaki (Toz Kaçağı ve Birikimi) Zone Sınıflandırılması Örneği	56
Şekil 13	Toz Patlama Riskli Alanlarda Uyarı Örneği	61
Şekil 14	Ekipmanlar Üzerinde Uyarı Etiketleri	61
Şekil 15	ATEX Uyumlu Hava Kilitleri	84
Şekil 16	Flanj ve Vana Kaçakları Etrafındaki Zone Sınıflandırılması Örneği	110
Şekil 17	Boru Kaçağı Zone Sınıflandırılması Örneği	110
Şekil 18	Doğal Gaz Ana Giriş İstasyonu	111
Şekil 19	Doğalgaz Buhar Santrali ve Gaz Bağlantı Alanı	111
Şekil 20	Fuel Oil Tankları	113
Şekil 21	Parlama Noktasının Ortam Sıcaklığının Altındaki Stok Alanları	114

FOTOĞRAFLAR DİZİNİ

Fotoğraf 1	Ham Kömür Stok Alanı, Boşaltma İstasyonu ve Toz Toplayıcı	39
Fotoğraf 2	Ham Kömür Konveyör Bandı Holü ve Stokhol Bağlantısı	39
Fotoğraf 3	Ham Kömür Konveyör Transfer Noktası Tozsuzlaştırma Boruları	40
Fotoğraf 4	Kömür Döner Kurutucu ve Besleme Kısmı Tozsuzlaştırma Mekanizması	46
Fotoğraf 5	Kömür Hazırlık Alanı Bina İçi Yüzeylerde Aşırı Toz Birikimi Örnekleri	60
Fotoğraf 6	Yüzeyde Toz Birikimi Derinliği Ölçümü	60
Fotoğraf 7	Elektrikli Ekipmanlar Üzeri Aşırı Kömür Tozu Birikimi Örnekleri	60
Fotoğraf 8	ATY Silolarında Kullanılan Patlama Kapağı Örneği	82
Fotoğraf 9	Toz Kömür Jet Filtresi ve Giriş Borusunda Diverter Vana	82
Fotoğraf 10	Diverter Vana (Flame Front Diverter)	83
Fotoğraf 11	Silo Üzeri Patlama Kapakları	83
Fotoğraf 12	Patlama İzolasyonu Flap Vanası	84
Fotoğraf 13	Dikey Kömür Öğütücüsü Üzeri Aktif Patlama Söndürme Sistemi	85
Fotoğraf 14	Gaz Besleme ve Regülasyon Hattı	92
Fotoğraf 15	Bina Gaz Girişi Mekanizması	93
Fotoğraf 16	Doğal Gaz Kazanı Besleme ve Akış Kontrol Vanaları	93
Fotoğraf 17	Atık Yağ ve Fuel Oil No. 4 Depo Alanı	94





FORMÜLLER DİZİNİ

Formül 1	NFPA654'e Göre Toz Bulutu Yoğunluğu ve Patlayıcı Ortam Oluşumu	28
Formül 2	Öğütücü, Siklon, Seperatör, Boru Hatları ve Benzeri Ekipmanlar İçindeki Toz Konsantrasyonu Tahmini	31
Formül 3	Torba veya Kartuşlu Jet Filtrelerinde Toz Konsantrasyonu Miktarı Tahmini	33
Formül 4	Dönem Ekipmanlarda RPM Değerinden Teğetsel Hız Hesaplaması	35
Formül 5A	Silo, Hopper ve Bunkerler İçin Zone Sınıfı Kriteri	36
Formül 5B	Üzerinde Havalandırma Yapılan Silo ve Bunkerlerin İçindeki Hava Değişim Sayısının Hesaplanması	37
Formül 6	Kapalı Konveyörler İçinde Olası Toz Bulutunun Miktarının Hesaplanması	41
Formül 7	Döner Kurutucu İçinde Oluşacak Toz Konsantrasyonu Tahmini	46
Formül 8	Kovalı Elevatör Kafa ve Ayak Kısımlarındaki Toz Bulutu Konsantrasyonu Tahmini	48
Formül 9	NFPA 654'e Göre İzin Verilebilecek Toz Birikimi Derinliği Hesaplaması	57
Formül 10	Ortamda Biriken Tozun Sınır Hacim Değeri	57

ENDÜSTRİYEL PATLAMALARDAN KORUNMA KILAVUZU



ÇİMENTO SEKTÖRÜNDE ENDÜSTRİYEL PATLAMALARDAN KORUNMA KILAVUZU

1. GİRİŞ

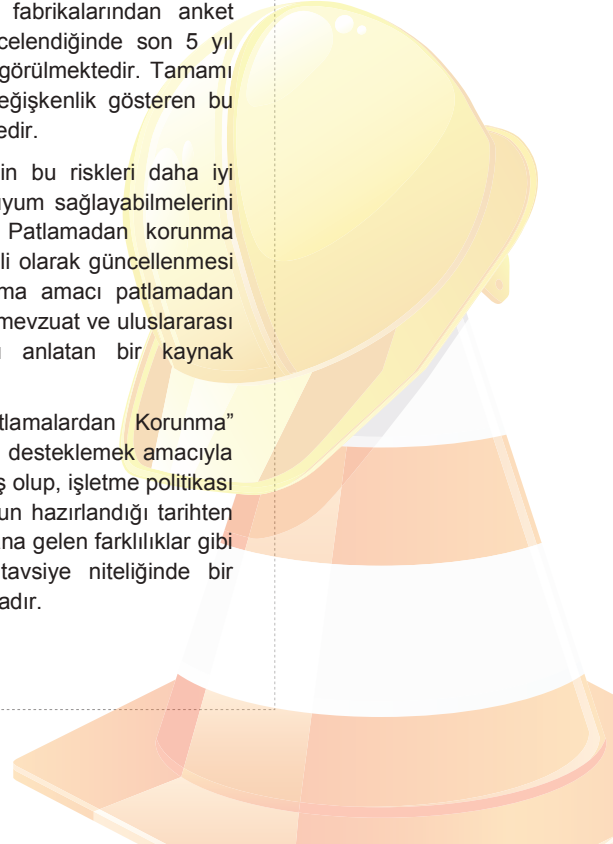
Çimento sektörü enerji yoğun bir sektördür. Çimentoda enerji tüketiminin yoğun olduğu proses ise klinker üretimidir ve burada kömür ve benzerleri yakıtlar kullanılmaktadır. Kömür ve elektrik enerjisinin toplam üretim maliyeti (değişken maliyet) içindeki payı %70'lere varmaktadır. Yüksek enerji değeri, uygun maliyet ve kolay ulaşımdan dolayı tercih edilen kömür ve benzeri yakıtlar, çimento sektöründeki enerji ihtiyacının önemli kısmını sağlamaktadır. Kömüre ek olarak, alternatif yakıtların da giderek arttığı günümüzde, çimento sektörü de atıklardan türetilen yakıtları (ATY) artan şekilde kullanmaktadır.

Ham kömür, son kullanıma ulaşmadan önce bir dizi prosesten geçtikten sonra son halini almaktadır. Yakıt hazırlama sırasında ise endüstriyel patlama riskleri taşıyan ortamlar oluşabilmektedir. Örneğin kömür tozları havada dağıldığı zaman toz patlaması riski taşımaktadır. Aynı şekilde atıktan türetilmiş yakıt (ATY) tozları da benzer durumlar yaratabilmektedir. Linyit tarzı yüksek uçuculuktaki kömürler, depo alanlarında metan gazı salabilir ve kapalı ortamlarda parlayıcı gaz ortamları üretebilir. Doğal gaz, fuel oil ve atık yağlarında kullanıldığı günümüz çimento fabrikalarında, farklı yakıtların kullanımından ve yüksek tüketim miktarlarından dolayı ortaya kontrol edilmesi gereken teknolojik risklerin de içinde olduğu durumlar çıkabilmektedir.

Çalışmanın 3. bölümünde, proje kapsamında ÇEİS üyesi çimento fabrikalarından anket yöntemiyle elde edilen veriler yer almaktadır. Söz konusu veriler incelendiğinde son 5 yıl içerisinde üye fabrikalarda 19 patlama ve 39 yangın meydana geldiği görülmektedir. Tamamı katı yakıtların işlendiği proseslerde gerçekleşen şiddeti ve zamanı değişkenlik gösteren bu olaylar, patlama risklerinin sektördeki varlığı hakkında önemli bir göstergedir.

Çimento Endüstrisi İşverenleri Sendikası (ÇEİS) tarafından, Üyelerinin bu riskleri daha iyi kontrol altına almaları ve aynı zamanda konuya ilişkin mevzuata da uyum sağlayabilmelerini desteklemek için kılavuz niteliğindeki bu doküman hazırlanmıştır. Patlamadan korunma dokümanı çimento üreticileri tarafından hazırlanması gereken ve düzenli olarak güncellenmesi gereken kritik bir risk yönetimi dokümanıdır. Bu kılavuzun oluşturulma amacı patlamadan korunma dokümanının hazırlanmasında yardımcı olacak veri, prosedür, mevzuat ve uluslararası standartları bir araya getirerek, örnekler üzerinde uygulamalarını anlatan bir kaynak oluşturmaktır.

Bu kılavuz, ÇEİS üyesi Çimento Fabrikaları'nda "Endüstriyel Patlamalardan Korunma" konusunda gerçekleştirilecek faaliyetlerin güvenli bir şekilde yapılmasını desteklemek amacıyla hazırlanan bir rehberdir. Kılavuzda, konuyla ilgili asgari şartlar belirlenmiş olup, işletme politikası ve şartları gereği ileri uygulamalar yapılabilecektir. Söz konusu kılavuzun hazırlandığı tarihten sonra mevzuat değişiklikleri, teknolojik gelişmeler, iş süreçlerinde meydana gelen farklılıklar gibi nedenlerle kılavuzun güncellenmesi ihtiyacı olabilecektir. Kılavuz, tavsiye niteliğinde bir doküman olup, işletme açısından herhangi bir bağlayıcılığı bulunmamaktadır.





2. KAPSAM VE KONUYA İLİŞKİN MEVZUAT

2.1 Kapsam

Kılavuzun kapsamında aşağıdaki prosesler incelenmiştir;

- Kömür Hazırlık Alanı (kömür yakıtlarının yakma öncesi stoklandığı, öğütüldüğü ve depolandığı bölümler)
- ATY Tesisi (atıklardan yakıt hazırlama prosesi, depolanması ve taşınması)
- Doğal Gaz Enerji Santrali ve LPG/Propan Pilot Alev Tank Alanı
- Fuel Oil4 ve Atık Yağ Depo Alanı

Bu kapsamda incelenen prosesler ve ortamlarda bulunacak olası malzemeler, yapılan anket araştırması ve saha ziyaretlerinde toplanan veriler ile desteklenmiştir. Kılavuzun amacı, patlama risk analizleri yaparken ve patlamadan korunma dokümanı hazırlanması sırasında referans alınarak işlemlerin kolaylaşmasını sağlamaktır. Kılavuz kullanıcısının temel risk analizi ve mühendislik bilgisine sahip olduğu varsayılmıştır. Aşağıda patlama risk analizi ve patlamadan korunma dokümanında olması gereken adımlar ve kılavuz içindeki ilgili bölümler yer almaktadır.

Patlamadan Korunma Dokümanı / Risk Analizi Adımları	Kılavuzdaki Bölüm
1. Proses ve ekipmanların tasarlanan kullanımı <ul style="list-style-type: none">• Sistem tanımı• Ekipman özellikleri• Ara ürün özellikleri• Fonksiyon/Durum analizi• Prosesin amacı ve ömrü	5.1, 6.1 (toz) 4.3 (gaz)
2. Tehlikeli durumların belirlenmesi <ul style="list-style-type: none">• Alev kaynakları ve oluşum olasılığı• Toz bulutu oluşumu, miktarı ve olasılığı	5.2, 5.3 (toz) 6.2, 6.3 (gaz)
3. Risk tahmini <ul style="list-style-type: none">• Sonuçların büyüklüğü ve oluşma olasılığı• Risk matrisi	5.4, (toz) 6.4 (gaz) 7.1, 7.2 (toz), 7.3 (gaz)
4. Risk değerlendirilmesi 5. Risk azaltıcı önlemler	7.2 (toz), 7.3 (gaz)

2.2 Konuya İlişkin Mevzuat

30 Haziran 2012 tarih ve 28339 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanan "6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu" ve 30 Nisan 2013 tarih ve 28633 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanan "Çalışanların Patlayıcı Ortamların Tehlikelerinden Korunması Hakkında Yönetmelik" ile konuya

ilişkin mevzuat¹ düzenlenmiştir. Söz konusu Yönetmeliğe göre işverenler patlama risklerini belirledikten sonra bunları kontrol altına alacak bazı önlemleri almakla yükümlüdür. Aşağıda, çimento fabrikalarını direkt ilgilendiren bölümler özetlenmiştir.

Çalışanların Patlayıcı Ortamların Tehlikelerinden Korunması Hakkında Yönetmelik

Söz konusu Yönetmeliğe göre işverenlere önemli sorumluluklar düşmektedir. Bunların başında çalışanların eğitimi ve fabrikalarındaki risklerin belirlenip, yüksek riskli durumların ortadan kaldırılması için gerekli önlemlerin alınması bulunmaktadır. Mevzuatta geçen diğer önemli konular ise şunlardır;

- Patlayıcı ortamların tehlikelerinden korunması konusunda işverenlerin yükümlülükleri
- Patlayıcı ortam oluşabilecek yerlerin sınıflandırılması
- Çalışanların sağlık ve güvenliklerinin patlayıcı ortam risklerinden korunması için asgari gerekler
- Ekipmanların ve koruyucu sistemlerin seçiminde uyulacak kriterler
- Patlayıcı ortam oluşabilecek yerler için uyarı işareti
- Patlamadan korunma dokümanı hazırlanması gereği

Patlamaların önlenmesi ve patlamadan korunma:

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

a) Patlayıcı ortam oluşmasını önlemek,

b) Yapılan işlemlerin doğası gereği patlayıcı ortam oluşmasının önlenmesi mümkün değilse patlayıcı ortamın **tutuşmasını önlemek**,

c) Çalışanların sağlık ve güvenliklerini sağlayacak şekilde **patlamanın zararlı etkilerini azaltacak** önlemleri almak.

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

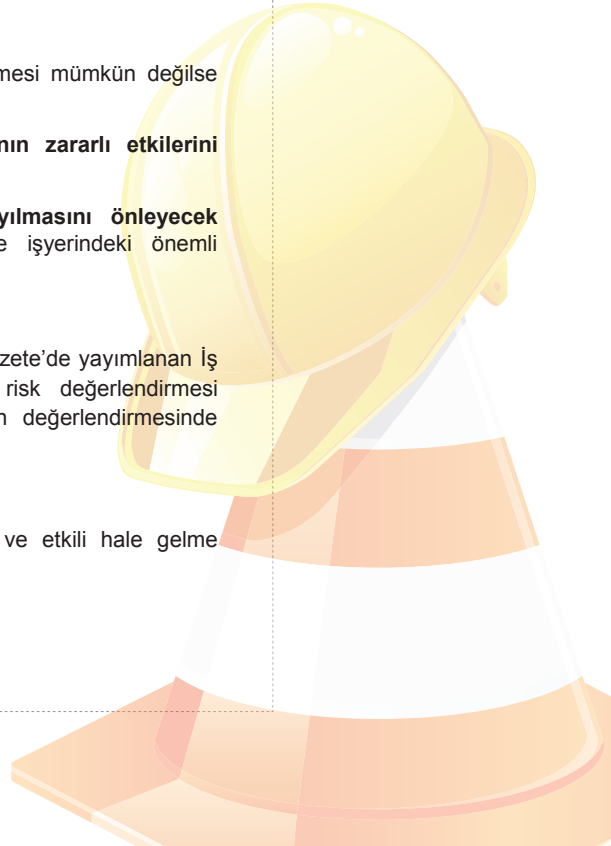
Patlama riskinin değerlendirilmesi

MADDE 6 – (1) İşveren, 29 Aralık 2012 tarihli ve 28512 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanan İş Sağlığı ve Güvenliği Risk Değerlendirmesi Yönetmeliği’ne uygun risk değerlendirmesi çalışmalarını yaparken, patlayıcı ortamdan kaynaklanan özel risklerin değerlendirilmesinde aşağıdaki hususları da dikkate alır:

a) **Patlayıcı ortam oluşma** ihtimali ve bu ortamın kalıcılığı,

b) Statik elektrik de dâhil **tutuşturucu kaynakların bulunma**, aktif ve etkili hale gelme ihtimalleri,

¹Kanun <http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2012/06/20120630-1.htm>.
Yönetmelik <http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2013/04/20130430-6.htm>.





c) İşyerinde bulunan tesis, kullanılan maddeler, prosesler ile bunların muhtemel **karşılıklı etkileşimleri**,

ç) Oluşabilecek **patlama etkisinin büyüklüğü**.

Parlama veya patlama riski değerlendirilirken, patlayıcı ortamların oluşabileceği yerlere açık olan veya açılabilen yerler de dikkate alınarak bir bütün olarak değerlendirilir.

Patlayıcı ortam oluşabilecek yerlerin sınıflandırılması

MADDE 9 – (1) İşveren;

- a) Patlayıcı ortam oluşması ihtimali olan yerleri Ek-1’de belirtildiği şekilde sınıflandırır.
- b) Bu fıkranın (a) bendine göre sınıflandırılmış olan bölgelerde Ek-2 ve Ek-3’te verilen asgari gereklerin uygulanmasını sağlar.
- c) Çalışanların sağlık ve güvenliğini tehlikeye atabilecek miktarda patlayıcı ortam oluşabilecek yerlerin girişine Ek-4’te verilen işaretleri yerleştirir.

Patlamadan korunma dokümanı

MADDE 10 – (1) İşveren, 6 ncı maddede belirtilen yükümlülüğünü yerine getirirken, ikinci fıkrada belirtilen hususların yer aldığı Patlamadan Korunma Dokümanı’nı hazırlar.

(2) Patlamadan Korunma Dokümanı’nda;

- a) Patlama riskinin belirlendiği ve değerlendirildiği hususu,
- b) Bu Yönetmelikte belirlenen yükümlülüklerin yerine getirilmesi için alınacak önlemler,
- c) İşyerinde Ek-1’e göre sınıflandırılmış yerler,
- ç) Ek-2 ve Ek-3’te verilen asgari gereklerin uygulanacağı yerler,
- d) Çalışma yerleri ve uyarı cihazları da dahil olmak üzere iş ekipmanının tasarımı, işletilmesi, kontrolü ve bakımının güvenlik kurallarına uygun olarak sağlandığı,
- e) İşyerinde kullanılan tüm ekipmanın 25 Nisan 2013 tarihli ve 28628 sayılı Resmî Gazete’de yayımlanan “İş Ekipmanlarının Kullanımında Sağlık ve Güvenlik Şartları Yönetmeliği”ne uygunluğu, yazılı olarak yer alır.

(3) Patlamadan Korunma Dokümanı, işin başlamasından önce hazırlanır ve işyerinde, iş ekipmanında veya iş organizasyonunda önemli değişiklik, genişleme veya tadilat yapıldığı hallerde yeniden gözden geçirilerek güncellenir.

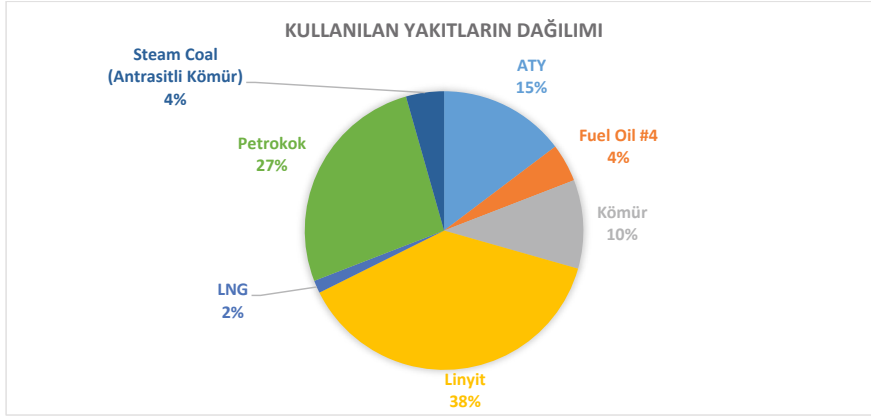
(4) İşveren, yürürlükteki mevzuata göre hazırladığı patlama riskini de içeren risk değerlendirmesini, dokümanları ve benzeri diğer raporları birlikte ele alabilir.

Yukarıdaki İSG yönetmeliği, Avrupa Birliği ATEX regülasyonlarının benzeridir ve destekleyici standartlar Avrupa ve ABD’de geliştirilmiştir. Bu kılavuzda uygun standartlar referans olarak alınmıştır.

Yönetmeliğin ekleri EK-1’de yer almaktadır.

3. PROJE KAPSAMINDA YAPILAN ANKETİN SONUÇLARI

ÇEİS Üyelerine yönelik uygulanan anket çalışmasında, kullanılan yakıtlar hakkında bilgiler toplanmıştır. Üyeler arasında linyit (yerli ve yabancı) ve petrokok yakıtlarının en sık tüketilen yakıtlar olduğu görülmektedir. Ancak bölgesel olarak kullanılan yakıtlarda farklılıklar olmaktadır. Aşağıdaki grafikte yakıtların dağılımı gösterilmiştir. Burada verilen değerler tüketim miktarını yansıtmaz da genel kullanımlar hakkında bilgi vermektedir. Veriler 23 Üye Fabrikadan elde edilmiştir.



Grafik 1 – ÇEİS Üyelerince Kullanılan Yakıtların Dağılımı

Kullanılan yakıtların özellikleri özet olarak aşağıdaki tabloda verilmiştir. Yakıtlardan fuel oil#4, ön yakma veya alevlendirici olarak kullanılmaktadır. Az miktarda LNG, LPG ve doğal gazda tesislerde farklı kullanımlar için tüketilmektedir.

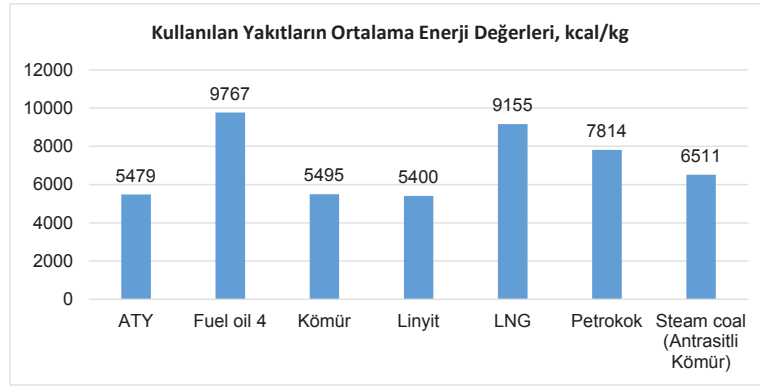
	ATY	Fuel Oil #4	Kömür	Linyit	Petrokok	Antrasitli Kömür (Steam Coal)
Enerji Değeri (kcal/kg)	5,479	9,767	5,495	5,400	7,814	6,511
Uçuşu Madde Oranı (%)	54	-	26	29	12	24
Toz Yoğunluğu (kg/m ³)	66	963	756	741	738	657
Rutubet Oranı (Ham)(%)	10	-	11	15	8	10
Rutubet Oranı (Öğütme Sonrası) (%)	-	-	1,2	3,4	2,1	1,3

Tablo 1 – ÇEİS Üyelerince Kullanılan Yakıtların Değerleri

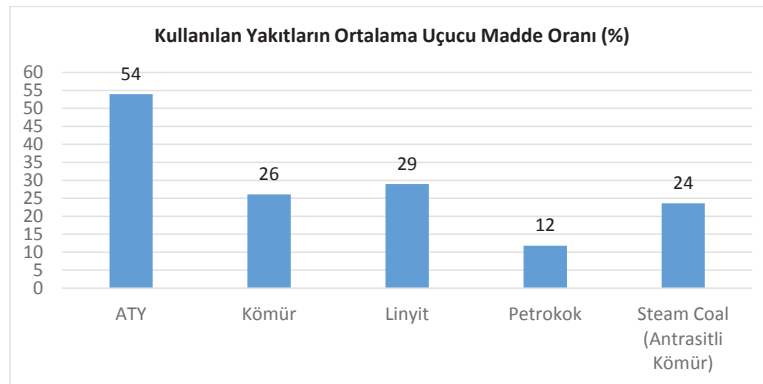


Kullanılan katı yakıtların ham hali ile bildirilen rutubet oranları %15'in altındadır. Ancak yaz aylarında bu oranın daha düşük olduğu tahmin edilmektedir. Fabrika ziyaretleri sırasında yapılan görüşmelerde yaz aylarında ham malzemenin transferi sırasında daha yoğun tozumanın olduğu bildirilmiştir. Endüstriyel patlamalar konusu düşünüldüğünde %15 rutubet patlama riski yüksek bir değerdir. Toz patlamalarında sınır değer %30 rutubettir.

Uçucu madde oranı yakıtın alevlenme hassasiyetini etkilemektedir. Bu değer arttıkça malzemenin daha kolay alevlenmesi dolayısıyla daha yüksek yangın riski teşkil etmesi beklenir. Ancak patlama riskleri düşünüldüğünde, uçuculuk oranı ile patlama riski arasında kuvvetli bir korelasyonun olmadığı literatürde de yer almaktadır². Yukarıdaki değerlere göre katı yakıtlardan petrokok düşük uçucu madde oranına sahiptir ve buna karşı linyit yüksek uçuculuktur.

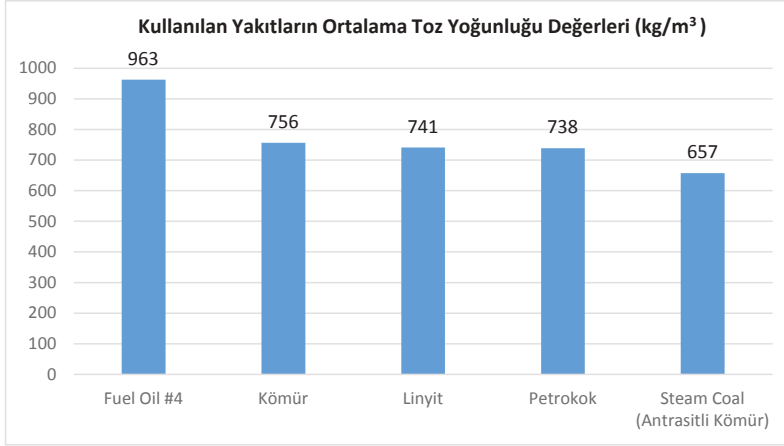


Grafik 2 – ÇEİS Üyelerince Kullanılan Yakıtların Ortalama Enerji Değerleri

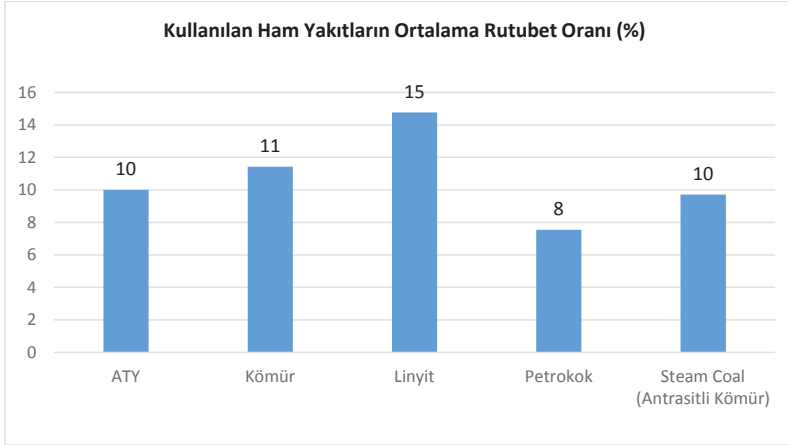


Grafik 3 – ÇEİS Üyelerince Kullanılan Yakıtların Ortalama Uçucu Madde Oranları

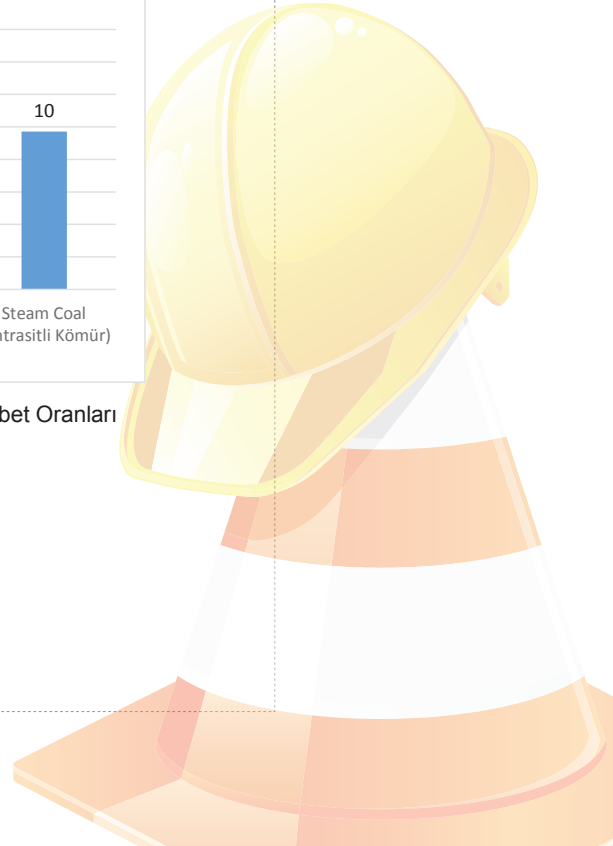
² Review of Coal Pulverizer Fire and Explosion Incidents, Zalosh R.G., Coal Pulverizer Explosions, Richard C. Carini and K.R. Hules.

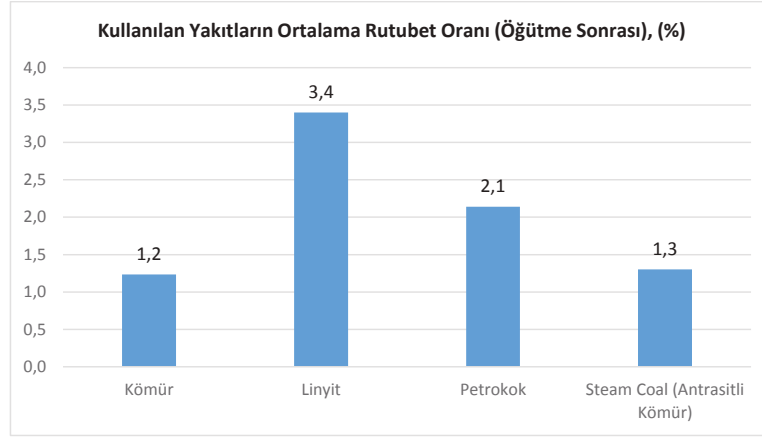


Grafik 4 - ÇEİS Üyelerince Kullanılan Yakıtların Ortalama Toz Yoğunluğu Değerleri

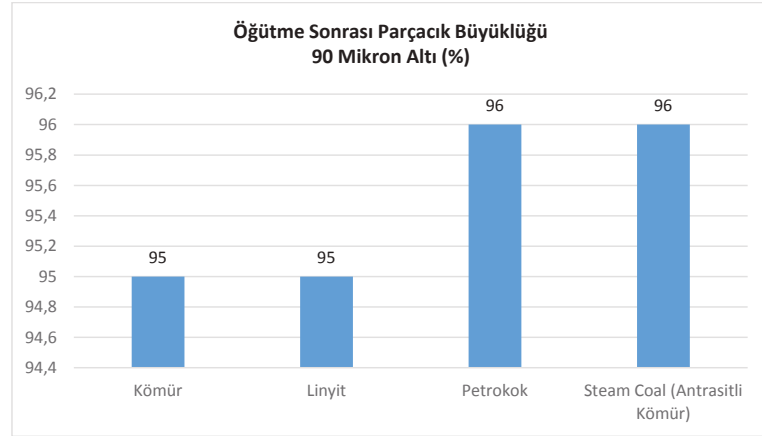


Grafik 5 - ÇEİS Üyelerince Kullanılan Yakıtların Ortalama Rutubet Oranları





Grafik 6 - ÇEİS Üyelerince Kullanılan Yakıtların Ortalama Rutubet Oranı (Öğütme Sonrası)



Grafik 7 – Öğütme Sonrası 90 Mikron Altı Parçacıkların Yüzdesi

Yukarıdaki tablodan anlaşılacağı üzere, öğütme sonrası malzemelerin rutubet oranları ve parçacık büyüklükleri ham hallerine göre çok daha düşüktür. Bu durum ise toz patlaması risklerini arttırmaktadır.

Sektörde kullanılan atıktan türetilmiş yakıtlar (ATY) hakkında kesin veriler yoktur. Bunun en büyük sebebi ise bu yakıtların niteliklerinin standart olmamasındandır. ATY yakıtları farklı karışım oranlarında ve birçok farklı malzemenin karışımından oluşabilmektedir. Dolayısıyla burada yer alan anket sonuçlarının diğer standart yakıtlara göre sapma göstermesi beklenir. Aşağıda ÇEİS Üyesi bir fabrikada ATY olarak kullanılan atıkların bazıları sıralanmıştır:

- Evsel katı atık (belediye çöpü)
- Tekstil atığı
- Plastik atıkları
- Sıvı endüstriyel atıklar
- Kurutulmuş çamur
- Tehlikesiz evsel atık (naylon, kağıt, bez vb.)
- Kontamine atık (yağlı bez, üstübu vs.)
- Kontamine ambalaj (karton, kağıt)
- Ahşap atıklar (tehlikeli, tehlikesiz)
- Kontamine ambalaj (plastik, naylon)
- Atık yağ
- Ömrünü tamamlamış lastik
- Karışık ATY
- Yağ, solvent ve boya ile kontamine olmuş tekstil ürünleri
- Kauçuk vb. malzemeler
- Kağıt, karton, naylon, bez, deri, ambalaj atıkları, ahşap, tank dibi çamuru, slaç(zift)
- Boya ve vernik sökücüler
- Boya çamuru, işleme çamuru, yağlı çamur, mastik atık
- Biyolojik arıtma çamuru

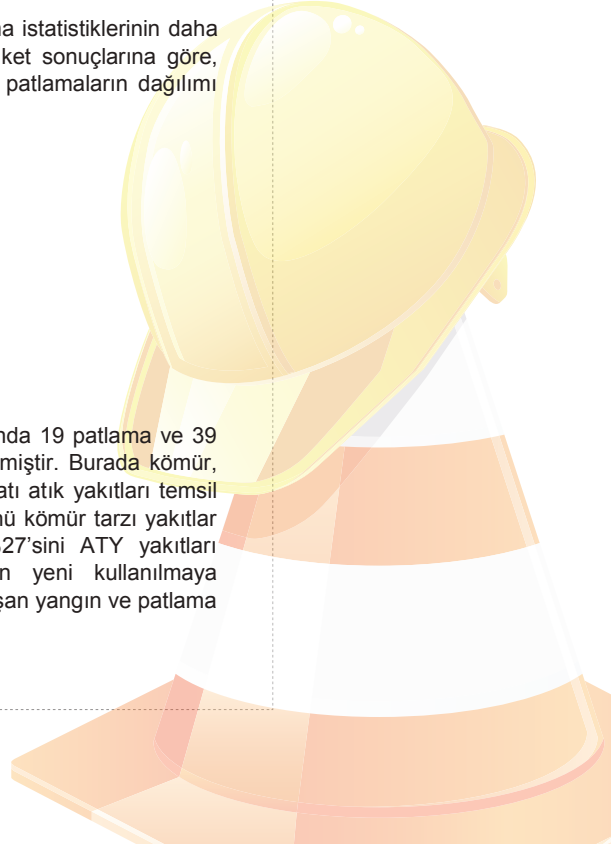
3.1 2009-2014 Yılları Arasında ÇEİS Üyelerinde Yaşanan Patlama ve Yangınların Dağılımı

Yapılan çalışmanın kapsadığı proseslerin içinde oluşan yangın ve patlama istatistiklerinin daha iyi anlaşılması için ÇEİS Üyesi Fabrikalara anket uygulanmıştır. Bu anket sonuçlarına göre, katılımcı 23 Üyenin fabrikalarında son 5 sene içinde oluşan yangın ve patlamaların dağılımı aşağıdaki tabloda verilmiştir:

	Patlama	Yangın
Kömür	9	29
ATY	10	10
Toplam	19	39

Tablo 2 – 2009 - 2014 Yılları Arasındaki Kazalar

Yukarıdaki sonuçlara göre, son beş sene içinde Üye çimento fabrikalarında 19 patlama ve 39 yangın olmuştur. Patlamaların tamamı yanıcı tozlardan dolayı gerçekleşmiştir. Burada kömür, karbon bazlı katı fosil yakıtları temsil etmektedir ve ATY ise alternatif, katı atık yakıtları temsil etmektedir. Bu tabloya göre patlamaların %47'sini ve yangınların %74'ünü kömür tarzı yakıtlar oluşturmaktadır. Buna karşı patlamaların %53'ünü ve yangınların %27'sini ATY yakıtları oluşturmaktadır. ATY tarzı yakıtlar çimento endüstrisinde nispeten yeni kullanılmaya başlamasına rağmen, bu maddenin işlenmesinde ve depolanmasında oluşan yangın ve patlama risklerinin nispeten yüksek olduğu anlaşılmaktadır.





Bu kazaların çimento prosesleri içindeki dağılımı aşağıdaki tablolarda gösterilmektedir. Özellikle toz filtrelerinde oluşan patlama ve yangınlar birbirini direkt olarak tetiklediği için bir arada düşünülmüştür.

	Patlama	%
Öğütme/Parçalayıcı	12	63
Taşıma	0	0
Silo/bunker	4	21
Toz Filtresi	3	16
Toplam	19	100

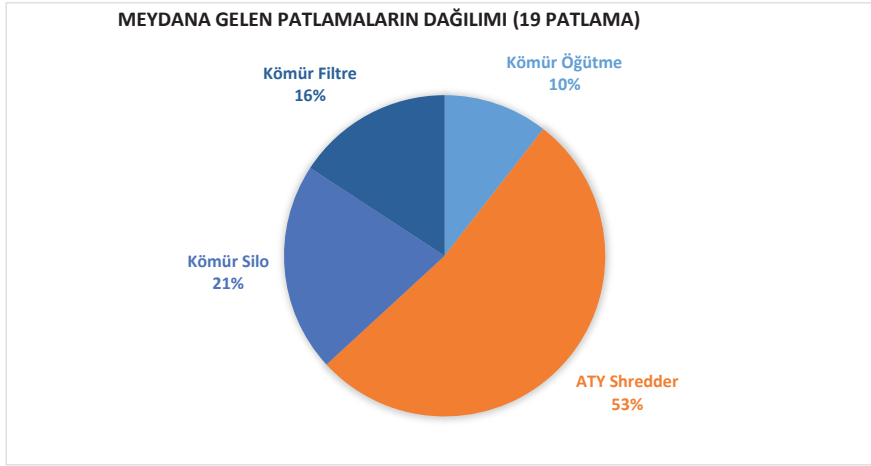
Tablo 3 – Patlamaların Proseslere Göre Dağılımı

	Yangın	%
Öğütme/Parçalayıcı	9	23
Taşıma	12	31
Silo/bunker	12	31
Stok Alanı	6	15
Toplam	39	100

Tablo 4 – Yangınların Proseslere Göre Dağılımı

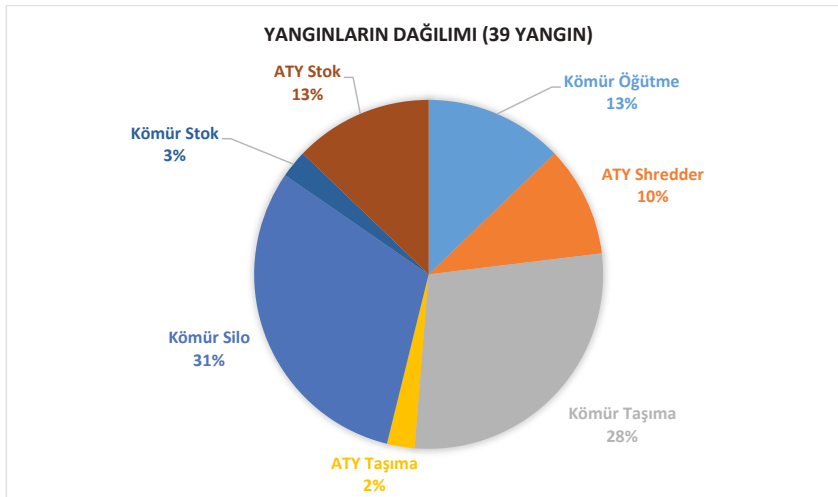
Patlamalar en sık öğütücülerde oluşmuştur ve yangınlar ise en çok silo/bunker ve taşıma sistemlerinde meydana gelmiştir. Burada taşıma sistemleri, malzemenin aktarılmasını sağlayan mekanik ve/veya pnömatik ekipmanları kapsamaktadır (konveyör bantları, helezonlar, kovalı elevatörler vs.).

İncelenen proseslerde oluşan kazaların işlenen malzemeye göre dağılımları ise aşağıdaki grafiklerde verilmiştir.

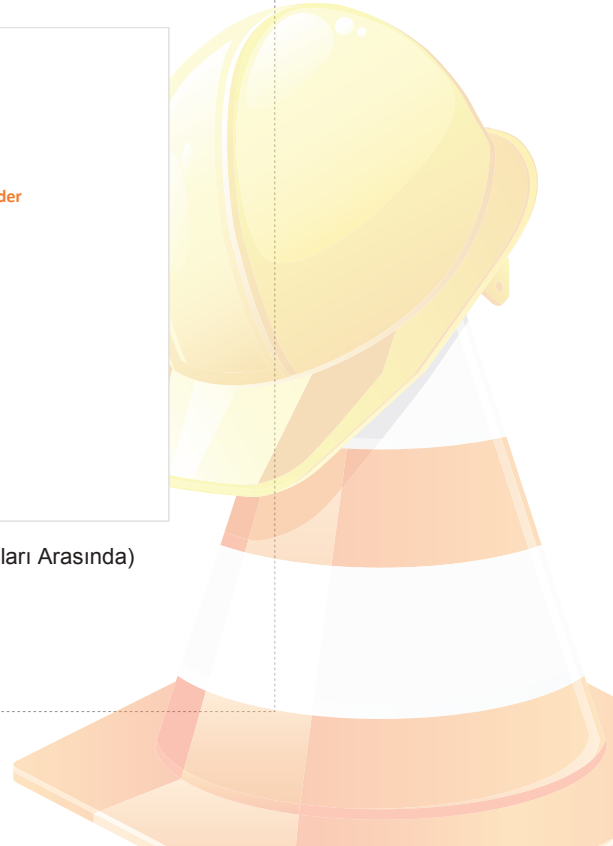


Grafik 8 – Patlamaların Proseslere Göre Dağılımı (2009 - 2014 Yılları Arasında)

Ankete katılan 23 Üyede son beş sene içinde 19 adet toz patlaması yaşanmıştır. Bu, senede 3,8 patlamaya denk gelmektedir ve yüksek sayılabilecek bir değerdir.



Grafik 9 – Yangınların Proseslere Göre Dağılımı (2009 - 2014 Yılları Arasında)





4. MALZEMELERİN PARLAMA VE ALEVLENME ÖZELLİKLERİ

Fabrika içinde yakıt olarak kullanılan toz ve lifli malzemeler farklı parçacık büyüklüklerinde bulunmaktadır. Ürünlerin rutubeti yaklaşık %15'i öğütme ve kurutma sonrası %4'ün altına düştüğünden, toz patlamaları düşünüldüğünde çok kurudur (%30 ve altı rutubet toz patlaması riski taşımaktadır). Bu değerler "Proje Kapsamında Yapılan Anketin Sonuçları" başlıklı 3. bölümde raporlanmıştır. Sistem içinde malzemeler uzunca mesafeler boyunca stok alanlarından ara depolara ve son kullanıma kadar mekanik/pnömatik taşıma, kurutma, öğütme, tozsuzlaştırma gibi proseslerden geçtiğinden parçacık büyüklükleri prosesler içinde değişim göstermesi beklenir. Özellikle öğütücüler ve tozsuzlaştırma sistemlerinde (toz filtresi) tutulan/çekilen kömür ve ATY tozları, sistem içindeki en hafif (havada en uzun süre toz bulutu halinde asılı kalan) olanlardır ve dolayısıyla en küçük parçacık büyüklüğündedir. Parçacık büyüklüğü küçüldükçe, malzemenin alevlenme olasılığı arttıkça toz patlaması riskleri orantılı olarak artar.

4.1 Yanıcı ve Parlayıcı Tozlar

ATEX regulasyonlarına göre patlayıcı tozlar 500 mikron ve altı olarak tanımlanmıştır. Parçacık büyüklüğü küçüldükçe tozun patlama etkileri ve alevlenme hassasiyeti artmaktadır. Bunun sebebi yüzey alanındaki artmadır. Yanma bir kimyasal reaksiyon olduğundan, reaksiyonun olduğu yüzey alanı arttığından hassasiyetler artmaktadır. ABD NFPA654 standartlarına göre patlayıcı toz ölçüsü 420 mikron ve altıdır. Ancak bu çalışmada 500 mikron baz alınmıştır.

Çimento üretim prosesi kapsamındaki malzemeler fiziksel etkilerden dolayı daha küçük parçacıklara ayrılabilmesi için ince kömür ve ATY tozlarının fabrika içinde her zaman bulunma olasılığı vardır. ÇEİS Üyelerine yapılan ziyaretler sırasında fabrikaların çeşitli bölgelerinden toz örnekleri toplanmış ve bu toz örnekleri üzerinde sieve (elek) ve toz yoğunluğu analizleri Üye Fabrikaların laboratuvarlarında yapılmıştır. Aşağıda Tablo 5'te sonuçların özeti verilmiştir.

Tanım	Bölge	Parçacık Büyüklüğü
Ham Kömür	Depo, stokhol, taşıma, yüzeyler	< 500 mikron
Ham Kömür	Tozsuzlaştırma	90 mikron
Öğütülmüş Kömür	Öğütücü çıkışı, silo, taşıma	63 mikron
ATY	Depo, parçalama, taşıma, tozsuzlaştırma	< 250 mikron

Tablo 5 – Parçacık Büyüklüğü Dağılımı

Fabrikalarda kullanılan kömür cinsine göre farklı parçacık büyüklüklerinde malzemeler gelmesi beklenir. Ancak ağırlıklı olarak toz kömür kullanıldığından parçacıkların önemli kısmının 500 mikron ve altında olması beklenir. %10'luk bir kısmın 500 mikron altında düşünüldüğünde bu saatte 40 tonluk kapasiteli bir öğütme prosesinde yaklaşık saatte 4 tonluk toz sınıfına giren malzeme olduğu anlaşılır.

Malzemelerin toz yoğunluğu (bulk density), risk analizi sırasında, özellikle toz birikiminden dolayı oluşan Zone hesaplarında kullanılmaktadır. Aşağıdaki tabloda bu malzemelerin toz yoğunluğu değerleri verilmiştir.

Malzeme	Toz yoğunluğu, kg/m ³
Kömür tozu	561
Öğütülmüş kömür	641
Tahıl tozu	571
Değirmen girişi kömür (petrokok)	716
Değirmen çıkışı kömür (petrokok)	496
ATY (kağıt ve plastik ambalaj atıkları ağırlıklı karışım)	66

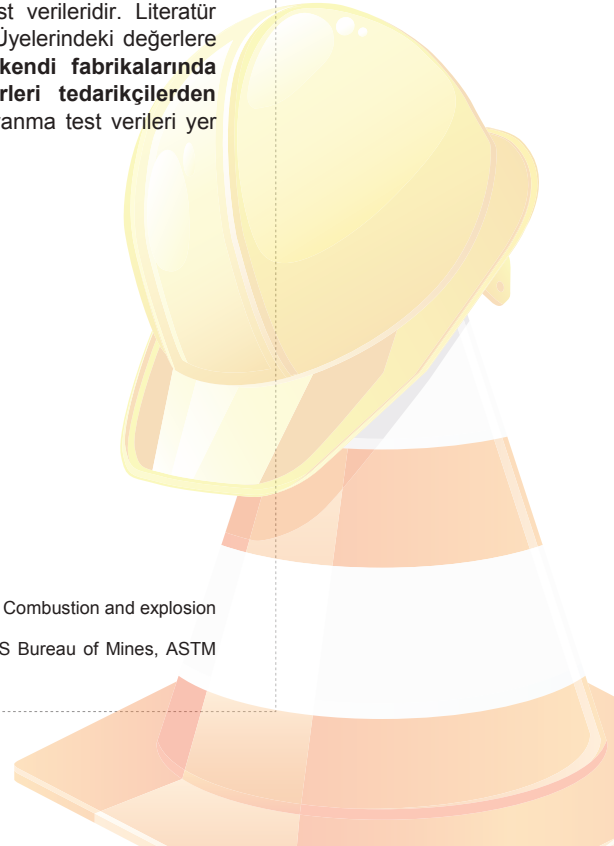
Tablo 6 – Toz Yoğunluğu (Bulk Density) Değerleri

4.2 Tozların Alevlenme ve Parlama Verilerinin Analizi

Kılavuzda örnek olarak kullanılan ve referans olarak verilen test değerleri, literatür^{3,4} araştırması sonucunda toplanan kömür ve ATY üzerinde yapılmış test verileridir. Literatür verileri, malzemelerin fiziksel ve kimyasal farklılıklarından dolayı, ÇEİS Üyelerindeki değerlere göre bir miktar farklılıklar gösterebilir. Dolayısıyla **ÇEİS Üyelerinin kendi fabrikalarında kullandıkları malzemelerin testlerini yaptırmaları veya bu değerleri tedarikçilerden istemeleri önerilir.** Aşağıda risk analizi için gereken patlayabilirlik ve yanma test verileri yer almaktadır. Daha kapsamlı bir liste EK - 5'te verilmiştir.

³Federal Institute for Materials Research and Testing – BAM, GESTIS-DUST-EXDatabase Combustion and explosion characteristics of dusts.

⁴ Industrial Dust Explosions, Symposium on Industrial Dust Explosions Sponsored by US Bureau of Mines, ASTM E27 and NFPA, ASTM Publication Code Number 04-958000-31.





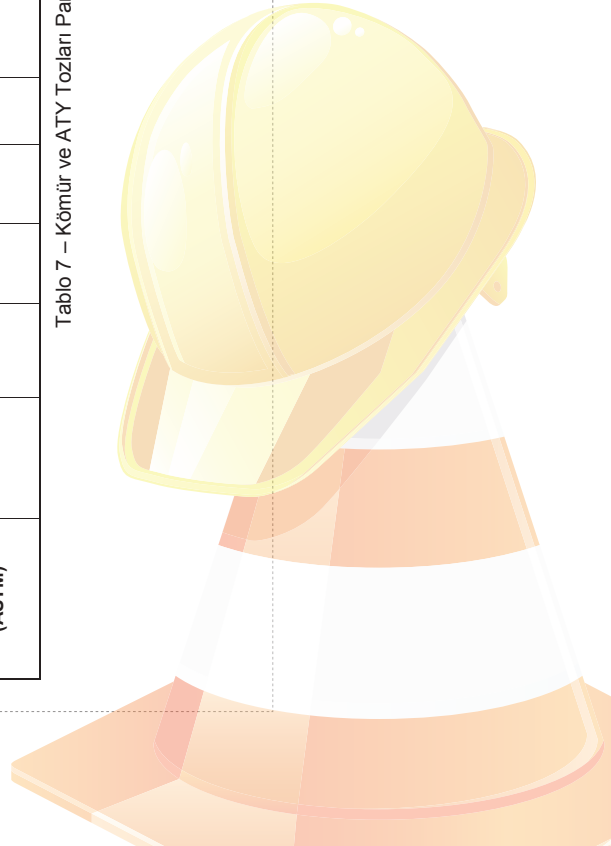
	Ave. Parçacık Büyüklüğü mikron	Rutubet %	Uçucu Madde Oranı %	Pmax (bar)	Kst (bar. m/s)	MOC % hacim	MEC g/m ³	MIE mJ	AIT _C , °C (bulut)	AIT _L , °C (tabaka)	İçten Yanma ^o C (Onset Temp)	E.S. ⁵	I.S. ⁶	Ref
Kömür	<30	< 10	13	8	124	12	60	110	510	260	65-150	1,1	1,2	astm
Linyit	<40	<10	52	10	151	10	60	160	380	225	100-200	1,7	1,1	Bia, astm
Linyit - stok alanı	500	<10	52	7,7	37		125		520	270		0,3		Bia
Petrokok	63	<10	7	6,3	78	17	125	1000	690	280	140-200	0,5	0,0	Lafarge/ NFPA
Linyit-petrokok karışımı	19	<10		8	82		125		470	260		0,7		Bia
Linyit - ortamda biriken toz	70	<10	50	8,6	122		60	200	410	230		1,2	0,9	Bia
Linyit - tozsulaştırma ve ESP içi	55	<10	50	9	143		60		450	240		1,4		Bia

⁵ ES – patlama etkisi (explosion severity), hesaplaması aşağıdaki bölümde verilmiştir.

⁶ IS – Atelevnebilme hassasiyeti (ignition sensitivity) hesaplaması aşağıdaki bölümde verilmiştir.

Petrokok - ortamda biriken toz	10	<10	7	7,6	7,4		125	1000	690	280		0,6	0,0	Bia/ Lafarge
ATY karışımı		<10	9	100	100		60	100	430	300		1,0	1,6	IEP Tech.
Boya çamuru (kuru)	75	<5	7,7	104	104		60	100	500	330		0,9	1,4	
Belediye çamuru (kuru)	30	<5	8,1	102	102		60	100	500	330		0,9	2,8	Bia
Kağıt tozu	47	<5	8,8	138	138		30	100	430	300		1,3	3,2	PGS
Tahıl atıkları	37	<10	9,2	131	131		125	90	510	300		1,3	0,7	Bia
Kağıt, selüloz ve reçine karışımı	23	<5	9,8	190	190		30	100	490	310		2,1	2,8	Bia
PRB Coal (ASTM)			7,3	124	124		65	110	585		65-150	1	1	ASTM

Tablo 7 – Kömür ve ATY Tozları Parlama ve Alevlenme Değerleri





ÇEİS Üyelerinin bir kısmında ATY üretimi yapılmaktadır. "Proje kapsamında yapılan anketin sonuçları" başlıklı bölümde ATY kullanımına ilişkin detaylar verilmiştir. ATY'ler Çevre ve Şehircilik Bakanlığı yönetmeliklerince belirlenen sınırlar içinde farklı karışımlardan oluşmaktadır. Bu yakıtların patlama risklerinin belirlenmesi için gereken alevlenme ve parlama test verileri üreticiler tarafından bilinmemektedir. Hazırlanan kılavuzda belirlenen değerler literatürden toplanan benzer atıklar için olan yaklaşık test verileridir. ÇEİS Üyelerinin tedarikçilerden yukarıdaki tablodaki testleri kapsayan verileri talep etmeleri veya bu testleri kendilerinin yaptırtmaları önerilir.

Bir önceki bölüme göre tozsuzlaştırma bölgesinde (toz toplayıcı içinde, toz toplama borularında ve yüzeylerde) toz parçacıkları ağırlıklı olarak 80 mikron ve altındadır. Buna karşı ham kömür veya ATY alanlarında parçacık büyüklükleri 100 ila 500 mikron arasında değişebilmektedir, yani daha büyük parçacıkların bulunması tahmin edilmektedir. Daha büyük parçaların patlama etkileri ve alevlenme hassasiyetleri daha az olsada, büyük parçaların içinde karışık olan küçük parçacıklar, yeterli miktarda oldukları düşünüldüğünde patlama riskini belirler. Örneğin 10 metre yükseklikten silo içine kömür tozu beslendiğinde, ince ve kalın parçacıklar birarada karışık durumda oldukları için ince olanlar daha uzun süre havada asılı kalarak patlayıcı toz bulutunu daha uzun süreli oluşturacaklardır. Risk analizi yapılırken bu durum göz önünde tutularak toz parçacık dağılımına göre en tehlikeli durum senaryoları düşünülmelidir.

4.2.1 Patlayabilirlik (Explosibility) Değerleri (ASTM E1226)

Toz ve hava karışımlarının patlayabilirliği ve patlama etkileri iki değişken ile belirlenir;

(a) **Maksimum patlama basıncı** P_{MAX} Patlama sonrası oluşan maksimum basınç değeri.

Proses ekipmanları toz patlamalarından oluşacak basınçlara karşı genellikle dayanıklı değildirlir. P_{MAX} değeri patlayıcı tozun enerji içeriğini direkt olarak nitelendirmektedir. Dolayısıyla P_{MAX} değerine bakılarak patlamanın etkisi göreceli olarak karşılaştırılabilir.

(b) **Maksimum basınç artış hızı** ya da patlamanın ilerleme hızı (deflagration), $(dP/dt)_{MAX}$. Bu değer evrensel bir değer olabilmesi için testin yapıldığı kabın hacmine göre aşağıdaki şekilde normallenmiştir,

$$K_{ST} = \left(\frac{dP}{dt} \right)_{MAX} V^{1/3}$$

Tozlar için K_{ST} değeri patlama etkisini belirleyen temel bir kıyas değeri ve aynı zamanda patlama güvenlik sistemlerinin tasarlanmasındaki temel parametredir (patlama kapakları/ventler, söndürme ve izolasyon sistemleri). Patlayıcı tozlar K_{ST} değerlerine göre 4 sınıfa ayrılırlar;

K_{ST} Değeri	Patlayabilirlik
0	Patlayıcı olmayan tozlar
1	Orta
2	Şiddetli
3	Çok Şiddetli

Tablo 8 – K_{ST} Sınıfları ve Patlama Şiddeti

Yukarıdaki tabloya göre **kömür ve ATY tozları K_{St}-1 sınıfı**, orta seviyede patlama şiddeti olan tozlardandır. Olası bir patlamada herhangi bir engelleyici sistem olmadığı zaman ortaya 9 bar'a kadar basınç çıkması beklenir.

Patlamanın etkisi – ES Değeri - Toz toplamalarında referans ve kıyas amaçlı sıklıkla kullanılan madde kömür tozudur. Patlamanın Etkisi (The Explosion Severity veya ES) değeri, toz patlaması risk analizlerinde kullanılarak kıyas yapmaya yardımcı olur.

$$ES = \frac{(P_{MAX} \cdot K_{St})_{Test}}{(P_{MAX} \cdot K_{St})_{Ref}}$$

maddedir (kömür veya ATY tozu).

Farklı parçacık büyüklüğündeki kömür ve ATY tozları için ES değerleri Tablo 7'de verilmiştir. Tablo 7'deki hesaplara göre bu değer 0,3 ve 2,1 arasında değişmektedir ve referans malzemeye göre patlama etkilerinin benzer ve daha yüksek olması beklenmektedir. Parçacık büyüklüğü 200 mikronun üzerine çıktığında, ES değeri düşerek, olası patlamanın etkisinin azalacağı tahmin edilmektedir.

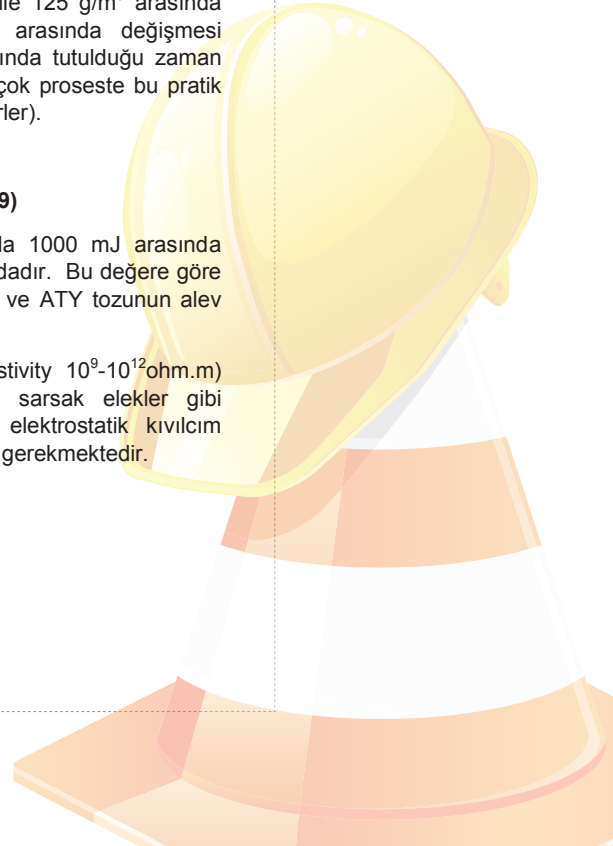
4.2.2 Minimum Patlayabilir Toz Bulutu Konsantrasyonu, MEC (ASTM E1515)

Toz konsantrasyonu MEC değerinin üzerine çıktığı durumlarda patlama riskleri oluşmaktadır. Tozlar için pratik bir üst sınır yoktur. Kömür tozunun MEC değeri 60 ile 125 g/m³ arasında değişmektedir ve ATY tozları için bu değer 30 ile 125 g/m³ arasında değişmesi beklenmektedir. Proses içinde toz konsantrasyonları bu değerlerin altında tutulduğu zaman (NFPA 654-2013'e göre MEC'nin %25'i) riskler azalmaktadır. Ancak birçok proseste bu pratik değerdir ve diğer önlemler alınmalıdır (örnek: toz toplayıcıları veya elevatörler).

4.2.3 Toz Bulutunun Minimum Alevlenme Enerjisi, MIE (ASTM E2019)

Kömür tozunun efektif MIE değeri parçacık büyüklüğüne göre 100 ile 1000 mJ arasında değiştiği literatürde verilmiştir ve ATY tozları için bu değer 100mJ civarındadır. Bu değere göre elektrik kıvılcımları, elektrostatik boşalmalar tarzı alev kaynakları kömür ve ATY tozunun alev almasına sebep olabilirler.

Yalıtkanlık; kömür tozu yalıtkan bir madde olduğu için (volume resistivity 10⁹-10¹²ohm.m) maddenin transfer edildiği, taşındığı bölümlerde (pnömatik taşıma, sarsak elekler gibi ekipmanlar) elektrostatik olarak yüklenebilir ve bu yük boşalırken elektrostatik kıvılcım kaynakları oluşabilir. Fabrika içinde en üst düzeyde topraklama yapılması gerekmektedir.





MIE (mJ)	Tavsiye Edilen Önlemler
500	Elektrostatik alevlenmeye karşı düşük hassasiyet. Fabrika ekipmanlarına topraklama yapınız.
100	Çalışanların madde ile içiçe olduğu alanlarda çalışanları da topraklayın (+/- 5).
25	Elektrostatik kaynaklı toz patlamalarının en sık olduğu alan (+/- 5).
10	Elektrostatik alevlenmeye yüksek hassasiyet. Yalıtkan maddelerin kullanılması ve kıvılcım yapabilecek ekipmanların kullanılması sınırlandırılmalı.
1	Aşırı yüksek hassasiyet. Patlayıcı toz konsantrasyonu oluşumunu engelleyin. Yüklenmelerin düzenli izlenerek, yüklenme durumlarında güvenli şekilde boşalmasının sağlanması gerekir.

Tablo 9 – BS 5958 Standardı'na ve MIE Değerlerine Göre Alınması Gereken Önlemler

Tablo 10'a göre kömür ve ATY tozları için efektif değer olan 100mJ orta hassasiyet göstermektedir ve operasyonel kontrollerin alınması gerekmektedir. Topraklamanın eksik olduğu bölgelerde toz patlaması riski vardır. Topraklama ve ekipmanlar arası bond bağlantılarının yapılması gerekmektedir.

Elektrostatik Kaynak	Enerji Miktarı (mJ)
Corona	0,1
Brush	4
Cone	10
Discharge from powder heap	10
Spark (kivılcım)	10 ³
Propagating brush	10 ⁵
Yıldırım	10 ⁶

Tablo 10 – Tipik Elektrostatik Alev Kaynakları ve Enerji Miktarları (EN 1127-1)

Yukarıdaki tabloya göre, kömür ve ATY tozları için olası elektrostatik kaynaklar kıvılcım (spark), ilerleyen (propagating) kıvılcım (ancak iletken olmayan bir boru veya ekipman kullanıldığında mümkün) veya yıldırım tarzı kaynaklardır.

4.2.4 Toz Bulutunun Parlaması için Gereken Minimum Oksijen Konsantrasyonu (MOC) (EN 14034, ASTM E2931)

Çimento proseslerinde, özellikle kömür değirmeni ve bağlantılı filtrelerde yanma gazlarının sisteme beslenmesiyle ortamdaki oksijen miktarı düşürülerek patlamalara karşı daha güvenli bir çalışma ortamı sağlanmaktadır. Toz patlamalarının engellenmesinde oksijen miktarının azaltılması efektif bir metottur. Kömürün cinsine ve uçuculuk oranına göre MOC değeri değişmektedir. Petkok tarzı düşük uçucu oranına sahip kömürler için MOC değeri %17'ye kadar çıkmaktadır ancak, linyit gibi uçucu oranı yüksek kömürler için MOC %10'a kadar düşmektedir. MOC için parçacık büyüklüğünün de etkisi vardır (küçük parçacık büyüklüğü, daha düşük MOC). NFPA 654'e göre proses güvenliği için kullanılması gereken oksijen kontrol değeri MOC değerinin %2 daha altında olması gerekmektedir. Örneğin linyit işleyen bir öğütme tesisinde oksijen kontrol değeri %8'e set edilmelidir (= %10-%2).

4.2.5 Toz Bulutu Alevlenme Sıcaklığı (AIT_c) (EN 50281-2-1 & ASTM E1491)

Toz bulutlarının alev kaynakları ve sıcak yüzeylere karşı alevlenme hassasiyetinin belirlenmesinde kullanılır. Örneğin kömür kurutma sırasında kullanılan ısı kaynaklarından dolayı aşırı/kontROLSÜZ oluşan yüzeylerdeki ısınma veya çevrede bulunan sıcak gaz boruları (ısı izolasyonu hasar görmüş borular vb...), artı patlama riski taşıyan bölgelerde kullanılan elektrikli ekipmanlarda, motorlarda veya konveyör rulmanlarında oluşabilecek aşırı ısınmalar potansiyel alev kaynakları olabilirler. Literatür verilerine göre AIT_c değeri, linyit için 380°C, kömür tozu için yaklaşık 510°C, petkok için 690°C ve ATY tarzı atıkların tozları için 430°C civarındadır (Tablo 11).

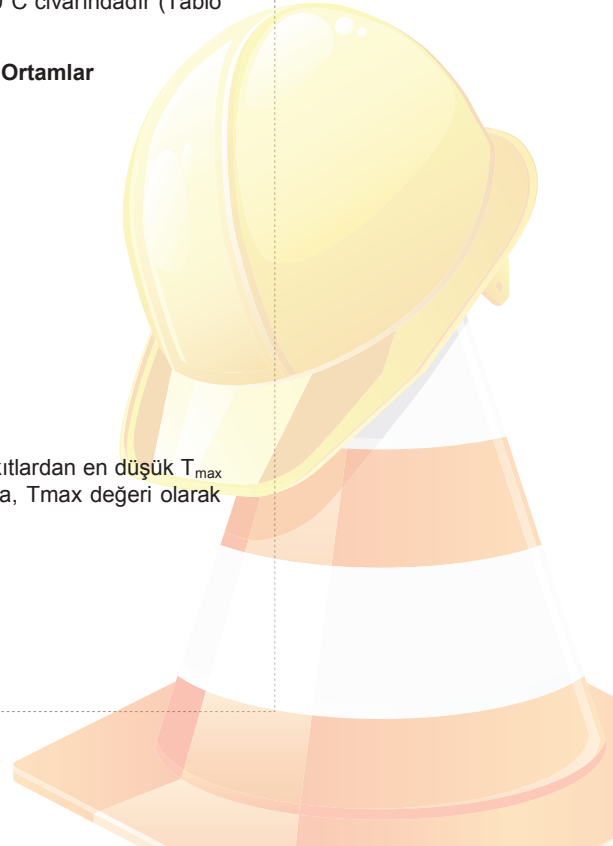
Maksimum İzin verilen Yüzey Sıcaklığı – Toz Bulutlarının Bulunduğu Ortamlar

Formül, $T_{max} = 2/3 * AIT_c$

Malzeme	AIT _c , °C	T _{max} , °C
Linyit	380	253
Kömür	510	340
Petrokok	690	460
ATY	430	287

Tablo 11 – Maksimum Yüzey Sıcaklıkları

NOT: Eğer tesiste aynı proses içinde birden fazla yakıt kullanılıyorsa, yakıtlardan en düşük T_{max} değeri olan seçilmelidir. Örneğin Petrokok ve Linyit yakıtları kullanılıyorsa, T_{max} değeri olarak 253°C kullanılmalıdır.





4.2.6 Toz Tabakası Alevlenme Sıcaklığı (AIT_L) (EN 50281-2-1 & ASTM E2021)

Toz birikimlerinin sıcak yüzeylerle temasında oluşan alevlenme sıcaklığının belirlenmesinde kullanılır. Örneğin, toz birikiminin olduğu ortamlarda kullanılan motorlarda veya konveyör rulmanlarında oluşabilecek aşırı ısınmalar potansiyel alev kaynakları olabilirler. Aşırı ısınan rulman üzerinde biriken toz tabakası bir süre sonra alev alabilir. Bu alevlenme sıcaklığın bir göstergesi AIT_L değeridir.

Maksimum İzin Verilen Yüzey Sıcaklığı – Toz Tabakalarının Bulunduğu Ortamlar (5mm birikim)

Formül, T_{max} = T_s – 75 K

Malzeme	AITL, °C	AITL, °K	T _{max} , °C
Linyit	225	498,15	150
Kömür	260	533,15	185
Petrokok	280	553,15	205
ATY	300	573,15	225

Tablo 12 – Maksimum Kabul Edilebilir Yüzey Sıcaklığı

NOT: Eğer tesiste aynı proses içinde birden fazla yakıt kullanılıyorsa, yakıtlardan en düşük T_{max} değeri olan seçilmelidir. Örneğin, Petrokok ve Linyit yakıtları kullanılıyorsa, T_{max} değeri olarak 150°C kullanılmalıdır.

Yukarıdaki iki tabloda verilen T_{max} değerinden en küçük olanı seçilerek ortamın yüzey sıcaklığı kontrolü için sınır değer belirlenir. Örneğin tesis linyit ve petrokok kullanılıyorsa, iki tabloda verilen değerlerden en küçüğü olan 150 °C seçilir ve bu değer ortamdaki izin verilecek en yüksek sıcaklık olacaktır (T_{max}). Fabrika içinde alevlenme kaynağı olabilecek bölgelerin düzenli bir alev kaynağı kontrolü prosedürü çerçevesinde ısı ölçümleri yapılmalıdır ve proses kontrollerinde bu değerler alarm amaçlı kullanılabilir.

Alevlenme Hassasiyeti (Ignition Sensitivity), IS

Alevlenme hassasiyetinin kıyas ölçülerinden birisidir ve hesaplanışı aşağıda verilmiştir. Tablo 7'de kömür ve ATY tozları için sonuçları sunulmuştur.

$$IS = \frac{(T_c \cdot MIE \cdot MEC)_{Ref}}{(T_c \cdot MIE \cdot MEC)_{Test}}$$

Burada Test kömür veya ATY tozu ve Ref ASM E27 kömür tozu, Pittsburgh kömür tozu olarak kullanılmıştır.⁷

Tablo 7'de görüleceği üzere tozlar için IS değerleri (alevlenme hassasiyetleri) parçacık büyüklüğü, uçuculuk oranı ve kimyasal yapıya göre büyük değişiklikler göstermektedir. Bu değer 0,2'nin altında ise risk düşüktür. Ancak IS değeri ne kadar yüksek ise alevlenme hassasiyeti o

⁷http://www.osha.gov/dts/hib/hib_data/hib19981006.html#text.

kadar yüksektir. Özellikle düşük uçuculukta olan petrokok tarzı yakıtlar için alevlenme hassasiyeti çok düşüktür, yani alev kaynağı olarak güçlü kaynaklarla (örnek: yangın, alev veya yıldırım) ancak alevlenebilmektedir. Ancak parçacık büyüklüğü küçük olan ve nispeten yüksek uçuculuktaki tozlarda bu değer 0,7 ila 3,2 arasında değişmektedir. Bu durumlarda elektrostatik kaynaklar ve elektrik kıvılcımları veya sıcak yüzeyler alevlendirmeye yetecek enerjiye sahiptir.

4.2.7 Kendinden Alevlenme Sıcaklığı ONSET Sıcaklığı

Tabaka ve toz bulutu alevlenme sıcaklıklarına ek olarak bakılması gereken bir değer de içten yanma veya kendinden alevlenme sıcaklığı olarak adlandırılan ONSET sıcaklığı değeridir. Ortamda bulunan toz birikiminin derinliği arttıkça kendinden yanma sıcaklığı düşmektedir. Yani nispeten düşük sıcaklıklara toz birikimi uzun süre maruz kaldığında kendinden yanmaya başlamaktadır. Literatürden alınan değerlere göre 10 cm'lik bir birikim için ONSET sıcaklığı kömür için 65 °C, linyit için 100 °C ve düşük uçuculuk oranına sahip petrokok için ise bu değer 150 °C olduğu görülmektedir. Yüksek sıcaklığın bulunduğu proseslerde eğer toz birikimi bekleniyorsa, ONSET değerleri düşünülerek proses kontrol ve alarm sıcaklıkları belirlenmelidir.

4.2.8 Alevlenme Endeksi (Burning Index), BZ

Maddelerin BZ değeri alev alan toz tabakasının bu alevi yayma hassasiyetini belirlenmesinde kullanılır. Daha çok yangın güvenlik için kullanılsada toz birikiminin olduğu bölgelerde oluşacak alevlenme, toz bulutlarının tutuşmasına ve flash yangını veya toz patlamasına sebebiyet verecektir. Literatür değerlerine göre Tablo 13'de de görüldüğü üzere, toz şeker BZ-2 sınıfına girmektedir. Buna göre toz şekerin alevi kısa süreli olup sönmektedir. Alevlenme lokal olarak sınırlanmaktadır.

Yanma Reaksiyonunun Cinsi		BZ Sınıfı	Referans
Alev yayılmaz	Alev yok	1	Masa tuzu
	Kısa süreli alev ve çabuk sönüş	2	Belediye çamuru, Şeker
	Lokal alevlenme veya korlaşma ancak yayılma yok	3	Laktoz
Alev yayılır	Korlaşma var ancak kıvılcım yok (içten yanma)	4	Linyit, Kömür, Petrokok Tütün
	Alev ile yanma veya kıvılcım çıkartma	5	Kağıt ve Boya Atıkları, Sülfür
	Çok hızlı yanma ve alev ilerlemesi	6	Barut

Tablo 13 – Yanma Hızı, Alevlenme Endeksi (BZ)



4.3 Kullanılan Yanıcı Sıvı ve Gaz Maddelerin Parlama ve Alevlenme Özellikleri

İncelenen çimento fabrikalarında doğal gaz, fuel oil no.4, propan ve atık yağ tarzı yanıcı malzemeler sınırlı olarak kullanılmaktadır. Bazı tesislerde bulunan buhar santrallerinde doğal gaz yakıt olarak kullanılmaktadır. Bu tarz buhar kazanlarında ek yakıt olarak pilot alevi için sanayi tipi 105 litrelik LPG tüpleri kullanılabilir. Dolayısıyla analize bu maddede eklenmiştir.

Çimento üretiminde ana yakıt olarak öğütülmüş kömür kullanılmaktadır. Bu yakıtın ön ateşlenmesi sırasında fuel oil no.4 tarzı sıvı yakıtlar da kullanılmaktadır. Fuel oil bina dışında bulunan tanklardan pompalar yardımıyla döner fırın bölgesine taşınır. Döner fırını ateşlemeden önce sıvı yakıt ısısını 110 °C olacak şekilde yakıt hazırlanır, yakıt basıncı ise hat üzerinde yaklaşık 25 bardır. Fırının ısıtılması sırasında fırın giriş sıcaklığı yaklaşık 750 °C olunca sıvı yakıtı azaltıp kömür ilave edilir. Isıtma işlemine kömür ve fuel oil ile devam edilir. İntikal sıcaklığı 900 °C olunca fırın ana motora alınır ve fırına farin beslenir. Bu proseste ortaya çıkan sinter sıcaklığı yaklaşık 1300-1450°C arasında olmaktadır.

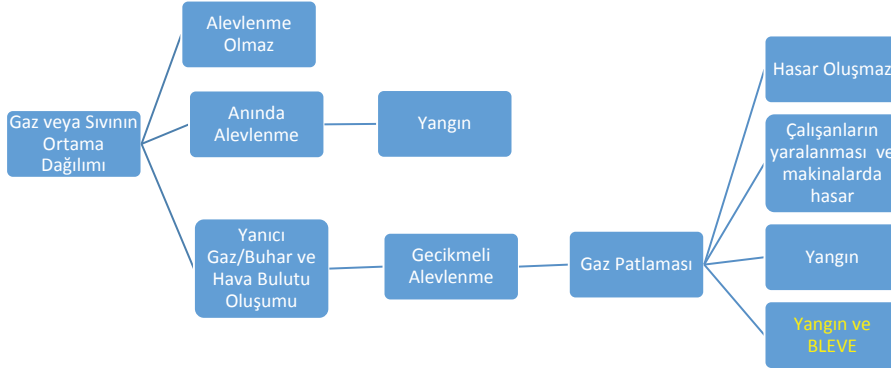
Fuel oil No.4 yakıtına ek olarak kimi çimento üreticileri atık yağlarında eş zamanlı olarak besleyerek kullanılmaktadır. Atıkların yakıt olarak kullanımı Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Atık Yakıt Yönetmeliği⁸ ile belirlenen sınırlar çerçevesince kullanılabilir. Atık yağlar içinde bu sınırlar belirlenmiştir. Bu tesislerde atık yağlar döner fırınlarda fuel oil ile eş zamanlı olarak beslenerek yakılmaktadır.

Ortamda bulunan gazın veya sıvının buharının LEL değeri minimum parlama konsantrasyonunu belirlemektedir. LEL üzerinde konsantrasyonlarda parlama riski mevcuttur. Buna ek olarak da alevlenme sıcaklığı (auto ignitin temperature) maddenin alevlenmesi için gereken minimum sıcaklığı belirlemektedir. Bu değere göre alev kaynağı kontrolü bakım programı uygulanmalı ve seçilecek elektrikli ekipmanların sınıfları belirlenmektedir. Gazın ve sıvı buharının nispi yoğunluğu fiziksel bir özelliktir ve havaya göre buharın hafif veya ağır olmasının göstergesidir. IEC60079 standardına göre nispi yoğunluğu 0,8 ve altındaki buharlar hafiftir (yani kolaylıkla uçarak yükselirler ve kolay dağılırlar), 1,2 ve üzerindeki ise ağır sınıfına girerler ve boşalma anında yüzeyde birikme veya yüzey üzerinde dağılma gösterirler. Ağır gazlar / buharlar yüzey altındaki bölgelere akarak birikebilirler. Buna karşı hafif gazlar tavan bölgelerinde birikim yapabilirler. Dolayısıyla ortamda iyi havalandırma olmadığı zaman parlayıcı ortamlar yaratabilirler.

4.3.1 Parlayıcı Gaz ve Buharların Patlama Riski Oluşturduğu Durumlar

Şekil 1'de parlayıcı gaz veya buharın kaza ile atmosfere dağılması ile oluşabilecek durumları gösterilmektedir. Eğer dağılan gaz veya buhar parlayabilirlik sınırları (LEL-UEL) içinde değilse veya alev kaynakları ortamda yoksa yangın veya patlama olmadan gaz/buhar hava ile karışarak ortamdaki uzaklaşarak yok olur. Duruma ve ortama göre alevlenme anında da olabilir veya gecikmeli olarak gerçekleşebilir (onlarca dakika sonra). Anında alevlenmelerde (hava ile tam karışma olmadan) beklenen durum yangın ile sonuçlanır.

⁸Resmi Gazete Tarihi: 06.10.2010, Resmi Gazete Sayısı: 27721, Atık Yakıtlar Yönetmeliği.



Şekil 1 – Gaz veya Buharın Patlama Senaryoları (Event Tree Diagramı)

Kaçaklarda en tehlikeli durum yüksek miktarda yanıcı/parlayıcı gazın hava ile karışmış şekilde gecikmeli olarak alevlenmesidir. Kaçak ile alevlenme arası birkaç saniye ile dakikalar arasında olabilir. Kaçak miktarı duruma göre birkaç kilogram ile tonlar arasında gerçekleşebilir. Alevlenme olduğu takdirde patlama (deflagrasyon) olasıdır.

Parlama sonrası oluşacak basınç, yakıtın ne kadar hızlı yanarak ilerlediği ve bu gazın kapalı bir hacim içinde olup olmaması ile alakalıdır (Su ve Kg değerleri). Gaz patlamalarının sonuçları kısmi hasar ve tamamen hasar arasında değişir. Oluşacak patlama basıncı etraftaki kişilere ve yapılara zarar verecek nitelikte olabilir (P_{max} 6-9 bar arası). Aynı zamanda etrafta depolanan diğer yanıcı maddeler varsa yangın veya yanıcı sıvıların buharlaşmasıyla BLEVE⁹ durumlarına da sebep olabilir.

Yanıcı gaz veya buhar alevlendiği zaman, patlamadan oluşan alev iki türlü hareket edebilir: Bunlar deflagrasyon veya detonasyondur.

Deflagrasyon durumu daha sık olan bir durumdur. Alev, yanmamış gaza göre ses hızının altında (subsonic) hareket eder ve tipik hızlar 1 – 1000 m/s arasında olabilir. Maksimum oluşacak patlama basıncı 9 bar basınca kadar ulaşabilir (yanma hızı ile bağlantılı olarak).

Detonasyon durumunda ise basınç ses hızının üzerinde bir hızla hareket eder (supersonic). Bu durumda yanmayan gaz, alev topunun ilerisinde hızla hareket edecektir. Şok dalgaları ve patlama basıncı birleşerek çok yüksek basınçlar ortaya çıkabilir (P_{max} 15-20 bar). Detonasyon hızı 1500-2000 m/s hızlarında hareket edecektir. Detonasyonun sonuçlarının çok daha büyük zararlar doğurması beklenmektedir.

Aşağıda Zone sınıflandırılmasında kullanılacak malzemelerin yanma ve parlama bilgileri verilmiştir. Malzemeler hakkında detay bilgiler Ek-5'te yer almaktadır.

⁹Bleve (Kaynayan Sıvı Genleşen Buhar Patlaması) - Kapalı bir tankta meydana gelen sızıntı ile yanmaya başlayan tank giderek ısınır ve tank içinde ısınarak kaynamaya başlayan sıvı tank basıncını yenererek tankı yırtar ve patlama ile birlikte BLEVE olayı gerçekleşir.



Sıvı/ Gaz	Formülü	Molekül	Nispi Yoğunluk (buhar/gaz)	Kaçak Birikimi	Parlama Noktası, FP	LEL		UEL	AIT	MIE	Max Yanma Hızı, Su	Kg, Patlayabilirlik Sabiti	Max Parlama Basıncı Pmax (-)	Detonasyon Hızı
						%	g/m ³							
Propan	C ₃ H ₈	44,09	1,554	Yüzey	-104	1,7	31	11	470	0,26	48	100	9,5	1800
Bütan	C ₄ H ₁₀	58,1	2,07	Yüzey	-74	1,8	42	8,4	370	0,26	46	96	Na	na
LPG	Karışım	51,1	1,55	Yüzey	-104	1,8	42	9,5	410	0,26	46-48	96-100	9	na
Doğal Gaz	Karışım	19,5	0,6	Uçar	-184	4,4	29	17	580	> 0,3	29	60	7	na
Metan	CH ₄	16,04	0,555	Uçar	-188	4,4	29	17	580	0,3	45	94	8,5	1550
Fuel Oil #4			3,5	Yüzey	55-65	1	-	-	262	-	-	-	-	-
Atık Yağ			>1	Yüzey	>61	>1			>260	>0,3	-	-	-	-
Amonyak	NH ₃		0,6	Uçar	-	>16			651	-	-	-	-	-

Tablo 14 – Yanıcı Gaz ve Buharların Değerleri

NOTLAR:

- 1) Doğal gaz ağırlıklı olarak metandan oluşmaktadır (>%95).
- 2) LPG Propan ve butan gazlarının karışımıdır, ağırlık olarak %55 butan %45 propandır.
- 3) Atık yağlar üzerine ÇEİS Üyelerinde sınırlı bilgi bulunmaktadır. Bu tarz yağların çevre ve enerji ile alakalı bilgileri mevcuttur ancak tehlikeli durumlarını belirleyen ve yukarıdaki tablodan belirlenen test değerlerinden parlama noktası dışındaki değerler olmadığı için bu değerler tahmin edilmiştir. Tedarikçi firmalardan bu değerlerin talep edilmesi veya ÇEİS Üyelerinin bu testleri yapması gerekmektedir.
- 4) AIT (Auto-Ignition Temperature) Kendinden alevlenme sıcaklığı: Dış alev kaynağı olmadan, maddenin kendinden tutuşması için gereken en düşük sıcaklık.
- 5) Parlama Noktası (Flash Point) FP: Maddenin yeterli miktarda yanıcı buhar üretebildiği ve bu buharın dış alev kaynağı ile yanmasını sağlayan en düşük sıcaklık.
- 6) MIE – yanıcı gaz veya buharın alevlenmesini sağlayacak minimum enerji miktarı değeri.
- 7) LEL ve UEL – Yanıcı gaz veya buharın parlayabilirlik konsantrasyonunun alt (LEL) ve üst (UEL) sınırları.
- 8) Kaçak birikimi – olası bir salınımda maddenin hareket etmek isteyeceği bölge.



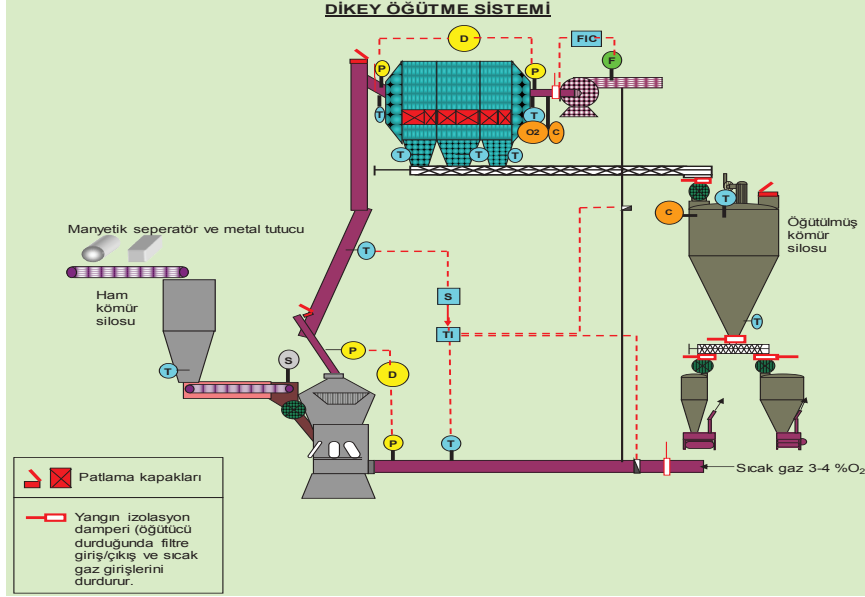


5. ÇİMENTO ÜRETİMİNDE PATLAYICI TOZLARIN BULUNDUĞU ORTAMLAR İÇİN ZONE ÇALIŞMASI VE RİSK ANALİZLERİ

Patlayıcı ortamlar için tehlikeli bölge ZONE sınıflandırılması Avrupa'da IEC 60079-10-2, IEC 61241 standardında ve Kuzey Amerika'da NFPA 499 ve NFPA 654 standartlarında belirlenmiştir. Bu standartlara göre patlama riski taşıyan ortamlar, patlayıcı ortamın oluşma sıklığı ve kalma süresi göz önüne alınarak hesaplanır.

Çimento sektöründe ağırlıklı olarak kömür ve benzeri katı fosil yakıtlar ile tekstil, kağıt ve plastik ambalaj tarzı katı atıklardan üretilen ATY'ler, işleme ve taşıma sırasında toz bulutları oluşturmaktadır. Yanıcı malzemelerin oluşturduğu toz bulutları patlama riski taşımaktadır.

Patlamadan korunma dokümanının bir parçası olarak, ekipmanların çalışma prensipleri ve tasarım sınırları, içinde ZONE oluşacak durumlara bakılarak analiz edilir. Bu bölümde verilen örneklerle analizlerde izlenen metotlar anlatılmıştır.



Şekil 2 – Çimento Sektöründe Tipik Kömür Öğütme Tesisi ve Ekipmanları

Ekipman içinde oluşacak toz bulutlarına ek olarak üretimin yapıldığı binaların yüzeylerinde kaçaklardan dolayı oluşacak yanıcı toz birikimlerinin anormal durumlarda toz bulutu oluşturma riski taşıdığından, bu birikimin miktarı bina içi alanların sınıflandırmasını etkilemektedir. ZONE sınıfına giren alanlarda alınması gereken tedbirler işverenler için ATEX 1999/92/EC direktifi Ek 1 ve bu ortamlarda kullanılacak ekipmanlar için ATEX 2014/34/EC direktifi Ek 1 ve 2 (eski hali 94/9/EC) de tanımlanmıştır.

Yanıcı tozların bulunduğu ortamlar için ZONE sınıflandırılması ZONE 20, ZONE 21 ve ZONE 22 olarak 3'e ayrılır. Bu kriterler dışındaki alanlar için ZONE sınıfına gerek yoktur. Aşağıdaki tabloda sınıflar ve seçilme kriterleri EN, IEC ve NFPA standartlarına göre kıyaslanarak verilmiştir. Türkiye'de de ZONE sınıflandırılması, Çalışanların Patlayıcı Ortamların

Tehlikelerinden Korunması Hakkında Yönetmelik'te belirlendiği şekliyle ATEX normlarına uygunluk göstermektedir.

Bu bölümde kullanılan formüller referans amaçlı olarak elektronik ortamda yer alan Ek – 8'de verilmiştir.

	ATEX			US NEC Article		
	Gaz	Toz	Kullanılır Ekipman	500	Toz	505
Yanıcı Atmosfer	Gaz	Toz	Kullanılır Ekipman	Gaz	Toz	Gaz
Yanıcı atmosfer devamlı mevcut veya uzun periyotlarda mevcut (örnek >1000saat/sene)	Zone 0	Zone 20	Gaz - 1G Toz - 1D	Not	Not	Class I, Zone 0
Yanıcı atmosfer büyük ihtimalle normal operasyonlar sırasında mevcut (örnek >10 and <1000saat/sene)	Zone 1	Zone 21	Gaz - 1G, 2G Toz - 1D, 2D	Class I, Div 1	Class II, Div 1	Class I, Zone 1
Yanıcı atmosfer büyük olasılıkla normal operasyonlar sırasında mevcut değil ancak olduğu takdirde sadece çok kısa bir zaman için mevcut (örnek <10saat/sene)	Zone 2	Zone 22	Gaz - 1G, 2G, 3G Toz - 1D, 2D, 3D	Class I, Div 2	Class II, Div 2	Class I, Zone 2
Not: ATEX Zone 0 ya da 20 yerine birebir geçen US NEC Article 500 klasifikasyonu yok						
Zone sınıfları tanımları IEC 61241-10 / IEC 60079-10-2 verilmiştir						

Tablo 15 – ZONE Sınıflandırılması ve Diğer Sınıflandırma Kriterleri ile Kıyaslama

5.1 Üretim Ekipmanları ve İçlerinde Toz Bulutu Oluşan Durumlar

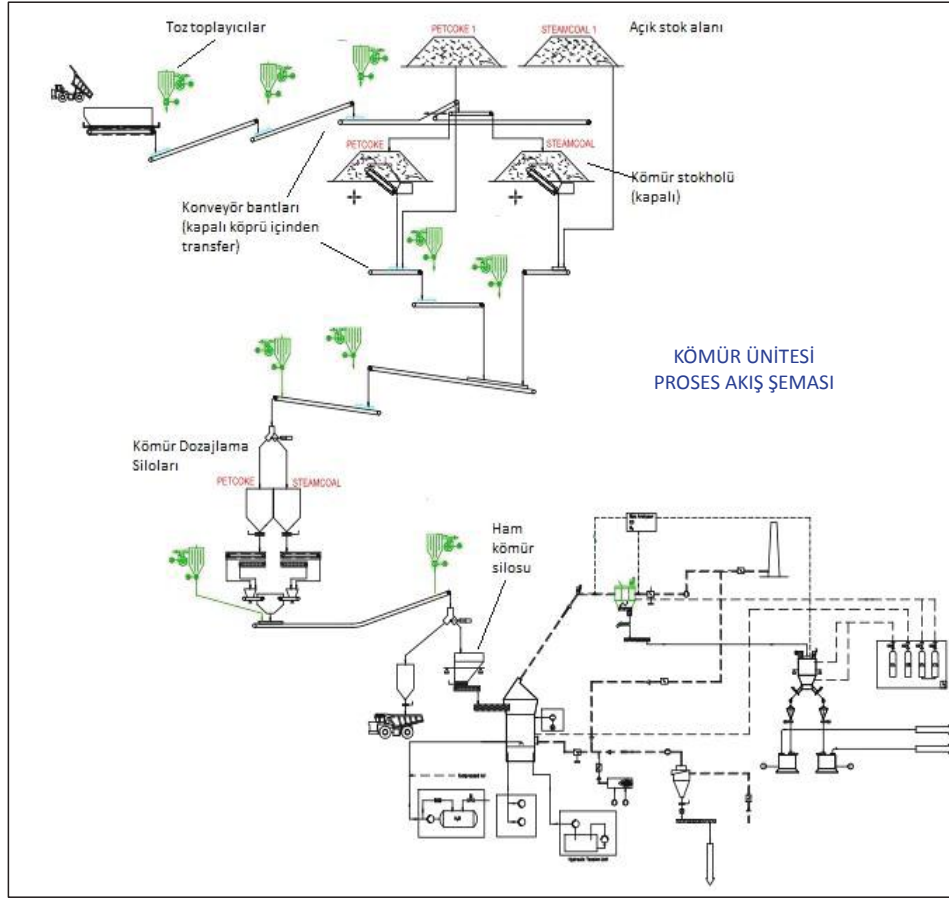
Oluşabilecek patlayıcı toz bulutları için ZONE sınıfları ekipman içindeki oluşabilecek (normalde ve anormal durumlarda) toz bulutunun konsantrasyonu hesaplanarak veya kimi durumlarda direk ölçümlerle belirlenebilir ve bu değer işlenen toz halindeki maddenin MEC değeri ile kıyaslanır. Çimento sektörü düşünüldüğünde riskli toz madde kömür (ve benzeri fosil katı yakıtlar) ve ATY tozlarından oluşmaktadır. Eğer oluşabilecek toz bulutu konsantrasyonu (g/m³ cinsinden), incelenen tozun MEC değerinin üzerinde ise patlayıcı ortam vardır. Oluşma sıklığına göre de ZONE sınıfına karar verilir. NFPA 654 2013 standardına göre ekipman içindeki toz konsantrasyonu MEC değerinin %25'inin üzerine çıktığı durumlarda ZONE oluşturan duruma ulaşılmış sayılmaktadır.

**Ekipman İçindeki Toz Bulutu Konsantrasyonu > MEC x 0,25 →PATLAYICI ORTAM****Formül 1 – NFPA654'e Göre Toz Bulutu Yoğunluğu ve Patlayıcı Ortam Oluşumu**

NOT: Toz patlaması risk analizlerinde, ATEX direktiflerine göre patlayıcı toz parçacık büyüklüğü 500 mikron ve altıdır. Dolayısıyla Zone hesaplarında 500 mikron altı parçacıklar patlama riski olan ortamları yaratmaktadır.

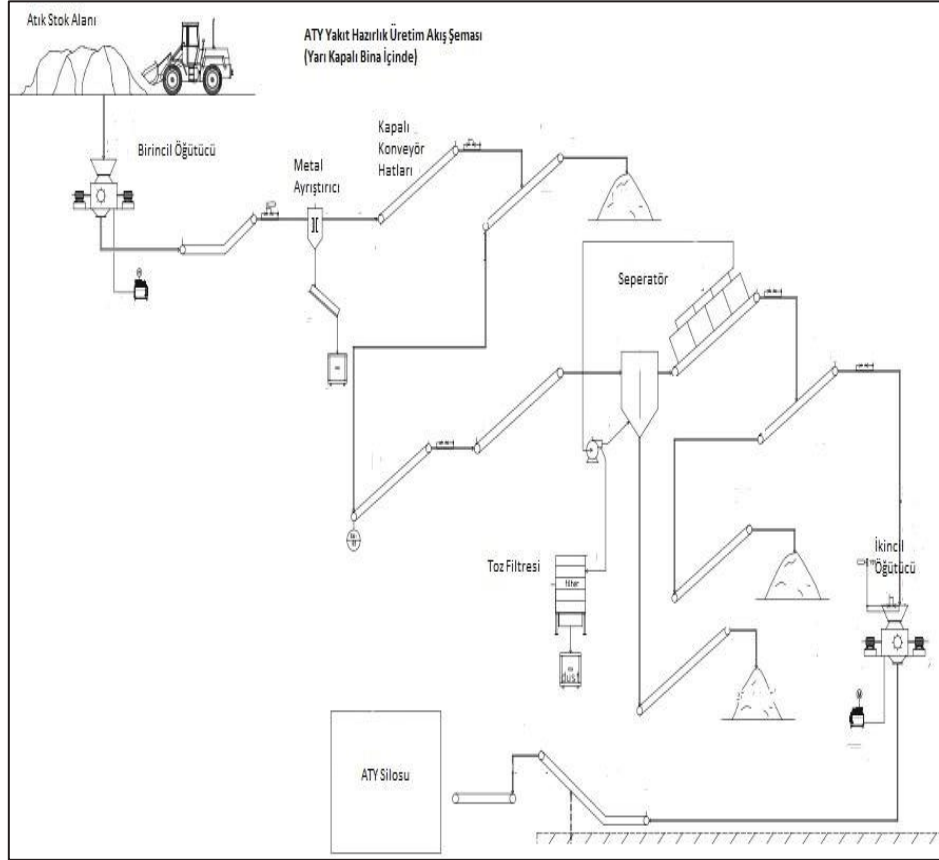
Çimento fabrikalarında patlayıcı toz bulutlarının oluşabileceği tipik ekipmanlar aşağıda sıralanmıştır:

- a) Kömür Hazırlık ve ğtme Tesisleri
 - Ham kömür stokhol, depoları ve bağlantı ekipmanları
 - Ham kömür konveyör hatları transfer noktaları
 - Ham kömür transfer hatları tozsuzlaştırma sistemleri
 - Ham kömür besleme helezon veya benzeri besleyicileri
 - Ham kömür kurutma sistemleri (helezonlar, döner kurutucu, elevatörler ve toz toplayıcılar) – Daha çok bilyalı değirmen öncesi kullanılan sistemler
 - Kömür ğtme sistemleri (bilyalı veya dikey) ve bağlantılı boru hatları
 - Statik seperatörler
 - Toz kömür filtresi
 - Toz kömür taşıyıcı helezon veya benzeri konveyör sistemleri
 - Toz kömür deposu ve bağlantılı dozajlama bunkerleri
 - Pnömatik toz kömür taşıma boru hatları



Şekil 3 – Çimento Fabrikası Kömür İşleme Proses Akışı Örneği

- b) Atıktan Türetilmiş Yakıt İşleme Tesisleri (ATY)
- ATY kabul deposu (kapalı alan)
 - Birincil öğütme
 - Transfer şutları
 - Konveyör taşıyıcılar (kapalı)
 - Hava-malzeme seperatörleri
 - Toz toplayıcılar
 - İkincil öğütme
 - ATY transfer band konveyörleri (kapalı)
 - ATY Deposu ve dozajlama sistemi
 - Pnömatik taşıma boru hattı



Şekil 4 – ATY Yakıtları Hazırlık Prosesi Akış Şeması Örneği

Aşağıda, kılavuz kapsamında incelenen riskli proseslerdeki toz bulutu oluşabilecek ekipmanlarda yapılacak Zone çalışması prosedürü yer almaktadır. Çimento fabrikalarında bulunan tipik ekipmanlar için prosedür örneklerle anlatılmıştır.

5.1.1 Kömür Değirmenleri

Kömür değirmenleri çimento sektöründe kömür hazırlama proseslerindeki en kritik ekipmanlardır. Granül veya tanecik halinde gelen ham kömür, değirmene beslenerek burada öğütülüp toz haline getirilir. ÇEİS Üyelerinden alınan bilgiler ışığında, ham kömürün 500 mikron altı parçacık miktarı (toz sınıfına giren madde) ağırlık olarak %2 ila %4 arasında değişmektedir. Taşıma ve transferler sırasında kömürün bir miktar daha kırılması beklenir. Kömür değirmenleri içinde direkt toz ölçümü yapmak mümkün olmadığından, malzeme akışı ve sıcak besleme gaz debisi kullanılarak sistem içindeki ve çıkış borularındaki toz konsantrasyonu hesaplanır.

ÇEİS Üyelerinden toplanan değerlere göre dikey öğütücülerde 20-35 ton/saat öğütme kapasitesi ve sıcak besleme gazı debisi olarak ise 90.000 – 120.000 m³/saat olduğu görülmüştür. Bilyalı değirmenler nispeten eski olmakla beraber sınırlı sayıda da olsa kullanılmaktadır. Bilyalı değirmenlerde öğütme kapasitesi yaklaşık 7-15 ton/saat ve hava debisi ise yaklaşık 90.000 m³/saat olmaktadır. Bazı uygulamalarda bilyalı değirmen öncesi ham kömür döner kurutucularda kurutulduktan sonra değirmene beslenmektedir. Öğütülen toz kömürün yaklaşık %95'i 90 mikron ve altında ve %100'ü 500 mikron ve altında parçacık büyüklüğünde pulvarize olarak taşınır. Öğütücüden sırası ile önce seperatöre, oradan siklon ve sonra en ince tozlar toz filtresine geçer. Aşağıdaki formül kullanılarak sürekli üretim yapan ekipman içindeki oluşabilecek toz konsantrasyonu hesaplanır.

$$\frac{\text{Öğütme/işleme kapasitesi (kg/saat)} \times \frac{1000 \text{ gram}}{1 \text{ kg}}}{\text{Taşıyıcı hava/gaz debisi (m}^3\text{/saat)}} = \text{Toz Konsantrasyonu}$$

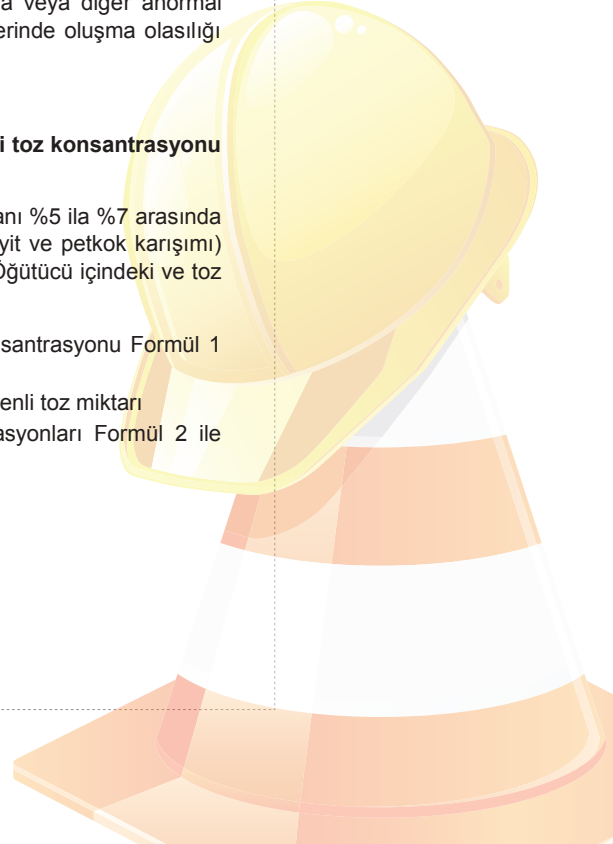
Formül 2 – Öğütücü, Siklon, Seperatör, Boru Hatları ve Benzeri Ekipmanlar İçindeki Toz Konsantrasyonu Tahmini

Çimento sektöründe kullanılan kömür değirmenlerinde yanma sonrası filtre edilmiş gazlar kurutma gazı olarak kullanılmaktadır. Bu durumda öğütücü içindeki sıcak kurutma gazının oksijen miktarının %5-%7 arasında düşük bir değer olması beklenmektedir. Kurutma gazının içindeki oksijen miktarı düzenli ölçüldüğü durumlarda ortamda patlayıcı toz ve gaz oluşma olasılığı azalmaktadır. Anormal durumlarda ve/veya acil duruş, yeniden başlama veya diğer anormal durumlarda ortamdaki oksijen miktarının kömür tozu MOC değerinin üzerinde oluşma olasılığı mümkündür.

Örnek 1 – Dikey değirmen ve öğütülmüş ürün taşıma borusu içindeki toz konsantrasyonu ve Zone belirlenmesi

Saatte 90.000 m³ sıcak besleme gazı debisinde, gazın ölçülen oksijen oranı %5 ila %7 arasında ve 22 ton/saat öğütme kapasitesindeki öğütücüden çıkan toz kömür (linyit ve petkok karışımı) boru vasıtasıyla seperatöre ve oradan da siklon ve toz filtresine taşınır. Öğütücü içindeki ve toz taşıma borusu içindeki toz konsantrasyonu aşağıdaki şekilde hesaplanır.

- Ekipman içindeki maksimum izin verilebilir toz bulutu konsantrasyonu Formül 1 ile hesaplanır.
 $MEC_{\text{kömür}} \times 0,25 = 125 \text{ gram/m}^3 \times 0,25 = 31 \text{ gram/m}^3$ – güvenli toz miktarı
- Normal ve anormal durumlar düşünülerek toz konsantrasyonları Formül 2 ile hesaplanır. Aşağıdaki tabloda bu sonuçları yer almaktadır.





Ekipman/Borular İçi Toz Konsantrasyonu Hesabı			
	Min	Nominal	Max
Malzeme Akış Hızı, ton/saat	10	22	22
Karışımdaki 500 mikron altı parçacık büyüklüğü miktarı, %	99%	99%	99%
Hesaplanan toz miktarı, kg/saat	9,900	2,1780	2,1780
Hava (gaz) debisi, m ³ /saat	90,000	90,000	90,000
Ekipman içi toz konsantrasyonu, g/m³	110	242	242

Tablo 16 – Ekipman İçi Minimum, Nominal ve Maksimum İşleme Kapasitesinde, Ekipman ve Bağlantı Borusunda Beklenen Toz Konsantrasyonları

SONUÇ: Normal ve anormal durumlarda hesaplanan toz konsantrasyonları 31 g/m³'ün çok üzerindedir ve bu durumun her zaman olması beklenir. Bu durumda öğütücü içi ve bağlantılı malzeme taşıyan borunun içi ZONE 20 olması gerekir. Ancak ortamdaki oksijen miktarı düzenli olarak %5 ila %7 arasında tutulduğu ve bu miktar izlendiği için de ancak anormal durumlarda oksijen miktarının artma riski olduğu için (başlangıç, duruş, bakım, vs.) bu durumlar altında ortam **ZONE 21** olarak alınır.

5.1.2 Statik Separatör ve Toz Kömür Filtresi

Kömür filtresinin fanı ile değirmenden çekilen kömür tozu, önce bir separatöre geçerek içinde kalan büyük (ağır) parçacıklar ayrılarak geri öğütücüye yönlendirilir. Dikey değirmenlerde sınıflandırıcı sistemin kendi içine dahil olduğundan ayrı bir separatöre genellikle ihtiyaç yoktur. Ancak bilyalı değirmenlerde statik separatör, filtre ve öğütücü arasında yerleşiktir. Statik separatörden ayrılan daha küçük parçacıklı tozlar toz filtresine yönlendirilir. Toz filtresinin kirliliği hava bölümünde yüksek toz konsantrasyonları normalde oluşması beklenir. Bunun ana sebebi toz torbalarında biriken toz miktarı belirli aralıklarda ve yüksek sıklıkta otomatik olarak air-pulse sistemleri ile temizlendiği zaman kirliliği yüksek konsantrasyon oluşturmaktadır. Endüstride genellikle toz toplayıcı filtreleri üzerinde her hava püskürtmesi arasında 0,1 mm – 0,8 mm arası toz birikimi oluşması beklenmektedir (NFPA654-2013) ve filtre yüzey alanı ve tozun yoğunluğu (bulk density) bilindiğinde kirliliği yüksek hava hacminde oluşacak toz miktarı hesaplanabilmektedir. Eğer incelenen filtre toz yoğunluğu düşük besleme yapılıyorsa (örneğin tozsuzlaştırma hatları) burada alt sınır ve yakını birikim olan 0,1 mm düşünülebilir. Ancak jet filtre malzeme transferi amacı ile kullanılıyorsa (örneğin öğütücü üzerindeki filtre), burada daha yoğun toz miktarda tozun taşınması beklenir, dolayısıyla 0,8 mm birikim daha uygun bir tahmin olacaktır. Birikim miktarı filtrelerin bakımı sırasında ölçülebilir.

Sürekli sistem olan statik separatörlerin içindeki toz konsantrasyonunu hesaplamak için Formül 2 kullanılabilir. Toz filtrelerinde ise eğer toz ölçümü yapılması mümkün ise ölçüm yoluyla toz konsantrasyonu belirlenebilir. Bunun mümkün olmadığı durumlarda aşağıdaki formül kullanılarak toz oluşum miktarı tahmin edilir.

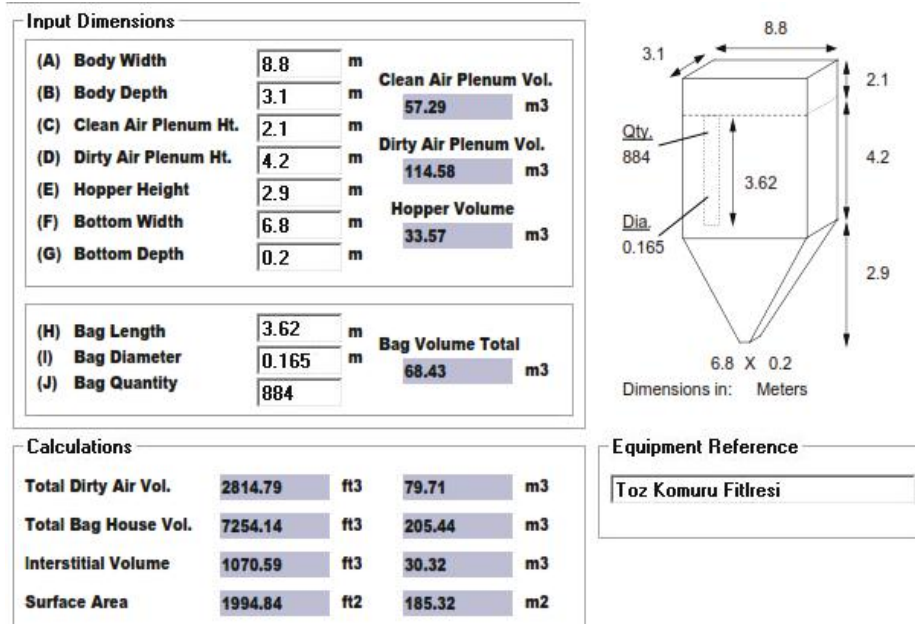
$$\frac{\text{Toplam Filtre Alanı (m}^2\text{)} \times \text{Filtrede toz birikimi (0,1-0,8mm)(m)} \times \text{Toz Bulk density (} \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\text{)} \times 1000\text{gram}}{\text{Filtrenin kirlı hava bölümü hacmi (m}^3\text{)} \times 1\text{kg}}$$

Formül 3 – Torba veya Kartuşlu Jet Filtrelerinde Toz Konsantrasyonu Miktarı Tahmini

Kömür değirmenlerinde olduğu gibi, bağlantılı filtrelerin içinde de oksijen miktarı düşüktür. Baca gazları sistem içinde besleme gazı olarak kullanıldığı için oksijen miktarı düşüktür. Ancak anormal durumlarda veya sistemde oluşacak hava kaçaklarında sistem içinde atmosferik şartlarda hava kaçarak ortamın oksijen miktarı yükselebilir. Bu durumlarda patlama riskleri oluşur.

Örnek 2 – Öğütücü sonrası statik seperatör ve kömür filtresi (torbalı) içindeki toz bulutu oluşumu ve Zone belirlenmesi

Saatte 20 ton öğütülmüş malzeme, 90.000 m³/saat taşıyıcı gaz debisinde önce statik seperatöre oradanda torbalı toz toplayıcıya taşınmaktadır. Kömür tozunun bulk density değeri 606 kg/m³dür. Toz toplayıcının üzerinde 165 mm çapında, 3.620 mm uzunluğunda, 884 adet torba mevcuttur. Filtrenin ölçüleri ve hacim hesapları aşağıda yer almaktadır.



Şekil 5 – Toz Kömür Filtresi Detayları¹⁰

¹⁰ Filtre ve benzer proses ekipmanlarının patlama riski analizlerinde ihtiyaç duyulan kirlı ve temiz hava hacimleri, Fenwal VolumeCalc adlı program kullanılarak yapılmıştır. Bu program kılavuz ile beraber sunulmaktadır.



- a. Statik seperatör hesapları Örnek 1’de verilen Tablo 16 ile aynıdır. Konsantrasyonun 110 ila 242 g/m³ arasında olması beklenmektedir ve bu değer güvenli toz konsantrasyonu olan 31g/m³ den büyüktür. Ancak ortamda düşük oksijenli gaz kullanıldığı için patlayıcı ortam normal şartlarda oluşmamaktadır. Ancak anormal durumlarda oksijen miktarı artabilir. Dolayısıyla bu durumlarda seperatör içindeki ortamın **Zone 21** olduğu tahmin edilir.
- b. Toz filtresi hesapları Formül 3 kullanılarak yapılmıştır ve sonuçları Tablo 17’de verilmiştir.

Filtre Detayları	Toz kömür
Toplam filtre yüzey alanı, m ²	1658
Filtre üzerinde toz birikimi, pulse jet öncesi, mm	0,1
m	0,0001
Toz yoğunluğu, kg/m ³	606
Her hava püskürtmesi sırasında oluşan tozun hacmi, m ³	0,17
Oluşan tozun ağırlığı, kg	100
Filtrenin kirliliği, m ³	80
Toz bulutu konsantrasyonu, kg/m ³	1,26
gram/m ³	1260

Tablo 17 – Toz Kömür Filtresi İçinde Oluşan Toz Konsantrasyonu

SONUÇ: Yukarıdaki tabloda gösterildiği gibi, filtre içinde tahmin edilen toz konsantrasyonu 1260 g/m³tür ve bu değer güvenli toz konsantrasyonu sınırı olan 32 g/m³’ün çok üzerindedir. Toz oluşumunun yüksek sıklıkta oluşacağını düşünürsek, ekipman kirliliği kısmı **ZONE 20** olacaktır. **Ancak** filtre içindeki oksijen oranı %10 ve altında düzenli olarak tutulduğu için patlama riskinin normal durumlarda oluşması beklenmez. Sistemde anormal durumlarda (acil duruş, yeniden başlama, vakum altındaki sistemde olası hava kaçakları, ve benzeri durumlar) oksijen miktarının kömürün MOC değerinin üzerinde olma olasılığı vardır ve bu durumda **ZONE 21** olarak tahmin edilmiştir. Jet filtrenin temiz hava kısmı ise, İngiltere İş Sağlığı ve Güvenliği Kurumu¹¹ tehlikeli ortam sınıflandırmalarına göre **ZONE 22** olacaktır. Jet filtrelerin kirliliği hava kısımlarına bağlı olan herhangi bir bakım kapağı olması durumunda, bu kapak etrafındaki 1 metrelik alan **ZONE 22** olarak sınıflandırılacaktır (IEC 61241-10).

¹¹SIM 03/2009/08, UK Health and Safety Executive Hazardous Area Classification for Chemical Plants.

5.1.3 Kömür Besleme Helezonları

Helezonlar içinde oluşacak toz konsantrasyonu rotasyonel hızı ve iç hacmi ile orantılıdır. Rotasyonel hızlar¹² üç gruba ayrılmıştır. Bu üç grup hem toz oluşturma hem de alev kaynağı oluşturma potansiyeli amaçlı dönen ekipmanlardaki riskleri belirlemektedir.

- Teğetsel dönüş hızı $v < 1$ m/s:** Alevlenme kaynağı yok ve normal operasyonlarda toz düşük miktarda (Zone harici)
- Teğetsel dönüş hızı $1 < v < 10$ m/s:** Alev kaynakları muhtemel ve normal operasyonlarda toz miktarı MEC değerini geçme olasılığı mevcut. Tozun MIE, MEC ve parçacık büyüklüğü değerlerine göre karar ver (Zone 22 veya 21)
- Teğetsel dönüş hızı, $v > 10$ m/s:** Alevlenme kaynağı her zaman mümkün (Zone 20)

Burada,

v = teğetsel hız, metre/saniye

r = Döner parçanın yarıçapı, Shaft'tan uca kadarlık mesafe, metre

Formül 4 – Döner ekipmanlarda RPM değerinden teğetsel hız hesaplaması

$$v = RPM \times 2\pi r \times \frac{1}{60}$$

Örnek 3 – Toz kömür silosu besleme helezonu zone değerlendirmesi

Filtrede biriken toz, sızdırmaz yapıdaki helezon konveyör yardımı ile helezonun boşaltma ağzının 2,8 m altında bulunan toz kömür silosunu besler. Helezon 580 mm çapında ve 7000 mm uzunluğundadır ve dönme hızı maksimum 35 rpm olarak ölçülmüştür. Besleme DN450'lik bir boru ile ve ardından gelen EX proof rotary vana ile yapılır. Teğetsel hız hesabı ve helezon hacim bilgileri aşağıdaki tabloda verilmiştir.

	uzunluk, m	R, çap, m	hacim, m ³	Rpm	Teğetsel Hız, v, m/s
Toz Kömür Silosu Besleme Helezonu	7	0,58	1,8	35	1,1

Tablo 18 – Helezon İçinde Toz ve Alev Kaynağı Oluşumu Olasılık Hesabı ve Zone Belirlenmesi

SONUÇ: Yukarıdaki tabloda verildiği üzere, helezon içindeki teğetsel hız 1,1 olarak “b” kriterine göre helezon içinde alev kaynakları muhtemel ve normal operasyonlarda toz miktarı MEC değerini geçme olasılığı mevcuttur. Ancak sürekli olarak toz bulutunun MEC değeri olan 60 g/m³ üzerinde olması, nispeten sınır v değerinden dolayı beklenemez. Dolayısıyla helezon içinin **ZONE 22** olması beklenir.

¹² PREVENTION AND MITIGATION OF COMBUSTIBLE DUST EXPLOSION AND FIRE, FM Global Risk Insurance Methods FMDS 7-76, April 2013.



5.1.4 Toz Kömür Silosu, Dozajlama Bunkerleri ve Pnömatik Yakıt Transfer Hattı

Öğütücü filtresinden çıkan tozlar bir dizi helezon veya kimi durumlarda pnömatik olarak öğütülmüş kömür silosuna aktarılır. Kömür dolumu sırasında oluşacak toz bulutu oluşumunu minimize etmek için silo üzerinde toz toplayıcılar entegre edilmiştir. Toz kömür siloları 50 ila 250 ton ürünü depolayacak şekilde olabilmektedir.

Silodan tartım bunkerlerine aktarılan (2-3 ton kapasite) toz kömür, daha sonra dozajlama ünitesine havakilidi tarafından beslenir ve oradanda farin veya sinter fırınlarında yakılmak üzere pnömatik hatta beslenir. DN200 boyutlarındaki pnömatik hat ile fırınlarda bulunan toz kömür burülörlerine 8-12 ton/saat kapasitede beslenir.

Toz kömürün %95'i, 90 mikron altında pulvarize halde taşınmaktadır ve malzemenin %100'ü, 500 mikron altında olduğundan toz kömür silo ve taşıyıcı ekipmanlar içinde toz bulutu oluşma olasılığı ve sürekliliği ham kömür bölümlerine göre daha fazladır. Kömür siloları üst kısımlarından konveyör şutu tarzı bağlantı elemanları aracılığı ile beslenmektedir. Beslenen madde yukarıdan aşağıya doğru serbest düşme ile iletilecektir ve düşme anında silo yüzeyindeki tozun bir kısmı havaya kalkacaktır.

Silo içinde oluşacak ZONE sınıfı İngiltere İş Sağlığı ve Güvenliği Kurumu¹³ tarafından aşağıdaki kriter kullanılarak belirlenmektedir.

Tanım	Kriter	Zone
İçine sıklıkla toz halinde maddelerin doldurulduğu silo, hopper, bunker ve benzeri ekipmanlar	Günde 6 saatin üzerinde doldurulma işlemi yapılır	20
	Günde 6 saatin altında doldurulma işlemi yapılır	21

Formül 5A – Silo, Hopper ve Bunkerler İçin Zone Sınıfı Kriteri

UYARI – Kömür Silolarında ZONE 0 Kriteri - Linyit ve benzeri yüksek uçuculuğa sahip kömür yakıtlarının depolandığı hacimlerde metan gazının birikmesi mümkündür. Buhar yoğunluğu 1'in altında olduğu için havadan hafif bir gaz olarak, hızlıca yükselerek havaya karışması beklenir. Ancak, kapalı ortamlarda kapalı hacmin üst kısımlarında birikme yapma olasılığı vardır. Dolayısıyla yüksek uçuculuktaki kömürlerin depolandığı silo ve bunkerlerde, eğer yeterli miktarda havalandırma yok ise, Zone 20 ve 21'e ek olarak bu ortamlar Zone 0 olarak da tanımlanmalıdır. NFPA 497¹⁴ ve API500¹⁵ standartlarıncaya yeterli miktarda havalandırmanın tanımı yapılmıştır. Bu standartlara göre kapalı hacimler için, içerideki havanın değişim sayısı minimum 12 devir/saat olarak belirlenmiştir. Bu hava devri sağlandığında Zone 0 sınıflandırılmasına gerek yoktur. Petrokok tarzı düşük uçuculuktaki yakıtların depolanmasında metan gazı oluşumu ve dolayısıyla Zone 0 durumu oluşması beklenmez. Düşük uçuculuktaki

¹³ UK Health and Safety Executive, Hazardous area classification for explosible dusts, Examples of typical zones.

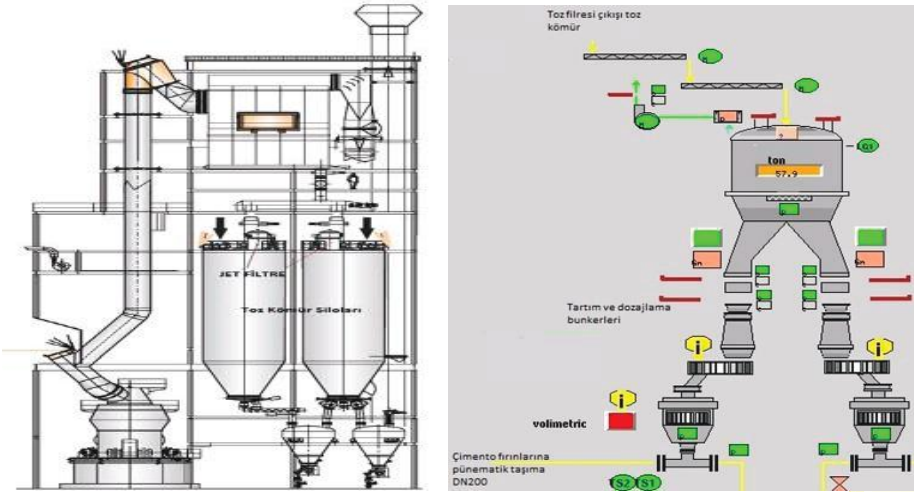
¹⁴ NFPA 497 Recommended Practice for the Classification of Flammable Liquids, Gases or Vapors and of Hazardous (Classified) Locations for Electrical Installations in Chemical Process Areas.

¹⁵ API 500 Recommended Practice for Classification of Locations for Electrical Installations at Petroleum Facilities Classified as Class 1, Division 1 and Division 2, defines several methods for determining if an area is "adequately ventilated".

yakıtlar için sadece Zone 2X (X = 0,1,2) patlayıcı toz sınıfları geçerlidir. Aşağıdaki formül kullanılarak kapalı ortamdaki havanın değişme sayısı hesaplanabilir.

$$\text{Saatlik Hava Değişim Sayısı} = \frac{\text{Havalandırma Debisi} \left(\frac{\text{m}^3}{\text{saat}} \right)}{\text{Havalandırılan Hacim} (\text{m}^3)}$$

Formül 5B – Üzerinde Havalandırma Yapılan Silo ve Bunkerlerin İçindeki Hava Değişim Sayısının Hesaplanması



Şekil 6 – Tipik Toz Kömür Silo ve Dozajlama Hattı Örneği

Şekil 6'da çimento fabrikalarında yaygın olarak kullanılan toz kömür silosu ve dozajlama hattı görülmektedir. Ayrıca, sağ taraftaki şekilde ise tipik bir dozajlama sisteminin otomasyon ekran görüntüsü yer almaktadır.

Örnek 4 – Toz kömür silosu ve dozajlama bunkerleri Zone sınıflandırılması

İki adet 90 m³'lük toz kömür silosu mevcuttur. Silolarda petrokok depolanmaktadır. Siloların üzerine direk olarak bağlı besleme sırasında oluşacak tozu azaltmak için jet filtreler mevcuttur. Silo besleme 15 ton/saat arasında çalışmaktadır. Toz kömür içindeki toz miktarı %100 olmaktadır (500 mikron parçacık ve altı) ve bu yakıtın %95'i, 90 mikron ve altında daha küçük parçacıklardan oluşmaktadır. Toz kömürün hacimsel değeri 566 gr/m³ olmaktadır.

SONUÇ: 90 m³'lük toz kömür silosuna 50 ton kömür depolanabilir. Saatte 15 tonluk besleme hızında depo 3,3 saat içinde doldurulabilir. Yakıt talebi saatte 10 ton olduğunda, yani günde 240 ton kömür yakılmasında, bu silonun günde 4,8 defa doldurulması gerekir. Toplam dolum süresi 4,8 x 3,3 yani 16 saate yakındır. Yukarıdaki silo ZONE kriter tablosuna göre, silo 6 saat/günün üzerinde olduğundan **ZONE 20** ortam olması gerekir. Siloların içinde ağırlıklı olarak 90 mikron ve altı pulvarize kömür olduğundan, oluşan tozların daha uzun süre silo içinde havada asılı



kalması beklenir. Dolayısıyla toz siloları ve kantar bunkerlerinin içi **ZONE 20** olarak düşünülmemelidir.

Linyit tarzı yüksek uçuculuktaki yakıtların tersine, petrokokun depolandığı silo içinde metan gazı oluşumu beklenmez. Dolayısıyla ZONE 0 ortam oluşmaz.

Uyarı – Toz linyit kullanılan silo üzerinde tozsuzlaştırma mekanizması veya havalandırma sağlayacak bir mekanizma yoksa silonun içi aynı zamanda ZONE 0 ortam olacaktır. Linyitin metan gazı oluşturma riski olduğundan, metan gazının silonun üst kısmında birikim yapması olasıdır. Böyle bir durumda silo içi hem ZONE 0 hem de ZONE 21 olarak sınıflandırılacaktır.

Örnek 5 – Toz kömür pnömatik taşıma borusu Zone sınıfı

Toz kömürün dozajlamasından sonra, yakıt hava kilidinden geçtikten sonra, tamamen sızdırmaz yapıdaki pnömatik taşıma bandına aktarılır ve buradan klinker fırını burülörüne beslenilir. Boru DN200 ölçüsündedir ve hava debisi 3200 m³/saat olarak verilmiştir. Toz yakıt besleme hızı ise 8-12 ton/saat olarak değişmektedir. Sistem sürekli bir prosestir ve içinde oluşacak toz bulutu konsantrasyonu aşağıdaki tabloda verilmiştir.

	Min	Nominal	Max
Madde taşıma hızı, ton/saat	8	10	12
% Toz oranı (500 mikron ve altı)	100%	100%	100%
Toz akışı, kg/hr	8000	10000	12000
Toz akışı, g/s	2222	2778	3333
Hava debisi, m ³ /saat	5000	5000	5000
Hava debisi, m ³ /saniye	1,4	1,4	1,4
Toz Bulutu Konsantrasyonu, g/m³	1600	2000	2400

Tablo 19 – Pnömatik Boru Hattı İçinde Toz Kömür Konsantrasyonu Tahmini
(Toz Konsantrasyonu Formül 2 Kullanılarak Hesaplanmıştır)

SONUÇ: Boru hattı içinde 1600-2400 g/m³ arası toz bulutu konsantrasyonu oluşması tahmin edilmektedir ve bu güvenli toz konsantrasyonu limiti olan 30 g/m³ değerinin çok üstündedir. Bu durumda pnömatik boru hattının içi **ZONE 20** olacaktır.

5.1.5 Ham Kömür Silosu, Konveyör Bantları ve Lokal Tozsuzlaştırma

Granül halinde gelen kömür (liniyit, petkok, taş kömürü, steamcoal) öncelikle açık alanda bulunan stok alanlarında depolanır. Stok alanlarında farklı kömür yakıtlarının dozajlanarak kömür işleme tesisinin diğer bölgelerinde yakıt transferi yapılır. Stok alanı açık bölgeler olduğu için patlama riskleri yoktur, ancak yangın riskleri mevcuttur. Yakıtın uçuculuk miktarı, geliş rutubeti ve parçacık büyüklüğü dağılımına göre içten yanma (self-heating) riskleri değişebilmektedir.



Fotoğraf 1 – Ham Kömür Stok Alanı, Boşaltma İstasyonu ve Toz Toplayıcı

Ham kömür stok alanından genellikle yer altı seviyesinde başlayan konveyör bantlarına, besleme çukurlarından kamyon veya önden yükleyiciler ile boşaltılır. Yer altındaki üzeri açık bantlar, kapalı bir hol/köprü içinde yerleşiktir ve buradan stokhol ve ham kömür silolarına aktarılır. Boşaltma sırasında toz bulutu oluşumu beklenir. Transfer noktalarında toz oluşumunu azaltmak için tozsuzlaştırma kullanımı önerilir. Holler içinde bulunan konveyör bantları birbirlerine transfer şutları ile bağlıdır ve bu noktalarda transfer sırasında toz oluşumu beklenir. Yazın malzeme daha kuru olacağından toz oluşumu, kışa göre daha yüksek olacaktır.



Fotoğraf 2 – Ham Kömür Konveyör Bandı Holü ve Stokhol Bağlantısı





Fotoğraf 3 – Ham Kömür Konveyör Transfer Noktası Tozsuzlaştırma Boruları

Fotoğraf 3'deki ham kömür konveyör transfer noktası tozsuzlaştırma boruları görülmektedir, sağ taraftaki fotoğrafta ise toz toplayıcılar yer almaktadır.

NOT: Tozsuzlaştırma yapılmayan transfer noktalarından dışarı toz kaçaqları olması beklenir. Bu durum yüzeylerde toz birikimine sebep olacaktır.

Kömür siloları üst kısımlarından konveyör şutu tarzı bağlantı elemanları aracılığı ile beslenmektedir. Beslenen madde yukarıdan aşağıya doğru serbest düşme ile iletilecektir ve düşme anında silo yüzeyindeki tozun bir kısmı havaya kalkacaktır. Beslenen malzemenin içindeki küçük parçacıkların miktarına göre, çok ince malzemeler havada daha uzun süre asılı kalarak toz bulutu oluşturabilirler.

Silo içinde oluşacak ZONE sınıfı İngiltere İş Sağlığı ve Güvenliği Kurumu¹⁶ tarafından verilen kriter kullanılarak belirlenmektedir. Kriter Formül 5'te verilmiştir. Silolarda olası metan gazı birikimi ve ZONE sınıflandırılmasında bir önceki bölümde verilen uyarı bölümünde açıklanmıştır.

Konveyör bantları ve zincirli bant tarzı malzeme transferinde kullanılan ekipmanların kendi başlarına toz bulutu oluşturması beklenmez. Ancak bu ekipmanlara besleme yapan transfer şutları içinde ve transfer noktalarında bant üzerinde biriken tozun dökülen malzeme ile temasında toz bulutu oluşumu beklenir. Eğer bu noktalardan tozsuzlaştırma yapılmıyorsa ve sistem sızdırmaz değilse oluşan tozun etrafa yayılması beklenir. Aynı zamanda konveyör bantlarına bağlı olan sıyırıcılar, banta yapışmış malzemenin sıyrılarak yere dökülmesine ve yüzeylerde birikimine sebep olur. Bu tarz ortamlarda düzenli temizlik gerekmektedir. Sızdırmazlığı olan zincirli konveyörlerde ise, transfer sırasında bantın üzerine birikmiş tozun havalanması ve oluşan toz bulutunun kapalı hacmin içinde yayılması olasıdır. Formül 6 kullanılarak kapalı konveyörlerin içinde oluşacak tozun miktarı, g/m^3 cinsinden hesaplanabilir.

¹⁶ UK Health and Safety Executive, Hazardous area classification for explosible dusts, Examples of typical zones.

$$\frac{\text{Birlikim alanı (m}^2\text{)} \times \text{Konveyör bantı üzerinde biriken tozun derinliği (0,1-1mm)} \times \text{Bulk Density } \left(\frac{\text{gram}}{\text{m}^3}\right) \times \frac{1 \text{ m}}{1000 \text{ mm}}}{\text{Kapalı konveyörün iç hacmi (m}^3\text{)}}$$

Formül 6 – Kapalı konveyörler içinde olası toz miktarının hesaplanması

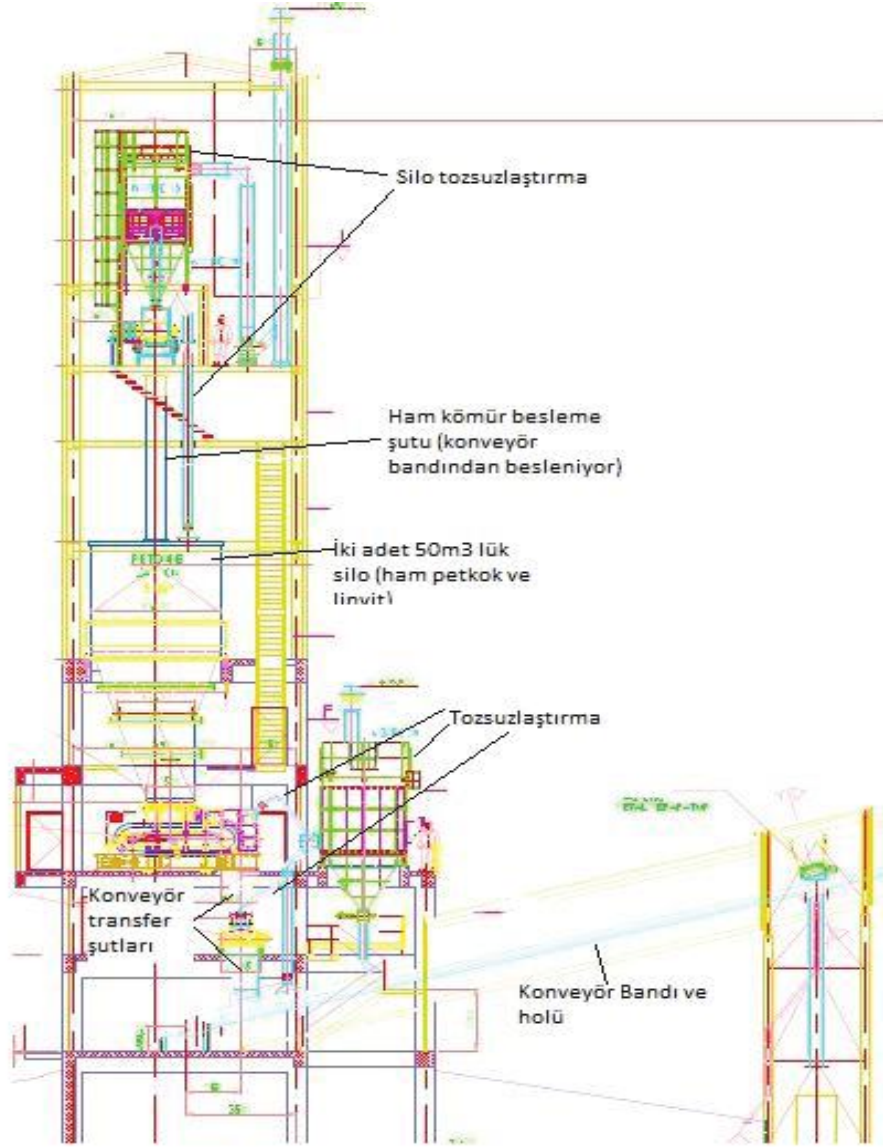
Örnek 6- Kömür Konveyör Bandı, Transfer Noktaları Tozsuzlaştırma Filtreleri ve Ham Kömür Siloları

Stok alanından konveyör bantlar yardımı ile taşınan linyit ve petrokok, 50 m³ hacminde olan iki adet siloya yüklenir. Konveyör bantlarının boşalma ağızlarında bulunan şutlardan ham kömür silolarına yukarıdan beslenir. Kullanılan ham kömürün (liniyit ve petkok) 500 mikron altındaki parçacıkları %4 ve altındadır. Yani toplam malzemenin %4'ü toz sınıfına girmektedir. Silo doluşunda oluşun tozlaşma, torbalı bir toz toplayıcıdan çıkan ve silonun üstüne bağlanmış 20 cm lik boru tarafından çekilir Toz toplayıcının hava debisi 4000 m³/saat ve toplam filtre alanı 48,2 m²dir. Şekil 7'de toz filtresinin detayları verilmiştir.

Siloların altında bulunan iki adet ve tamamen sızdırmaz olan zincirli konveyörlerle kömür alt katta bulunan bant konveyöre taşınır. Transfer sırasında oluşacak toz bulutları bir adet torbalı jet filtre tarafından 15 cm çapındaki borular ile 3 adet transfer noktasından toplanır. Jet filtre yukarıdaki paragrafta verilen ile aynı özelliklerdedir. Örnek sistemdeki kömür taşıma kapasitesi 30 ton/saat olmaktadır.

Aşağıdaki örnekte incelenen sistemin çizimi yer almaktadır.

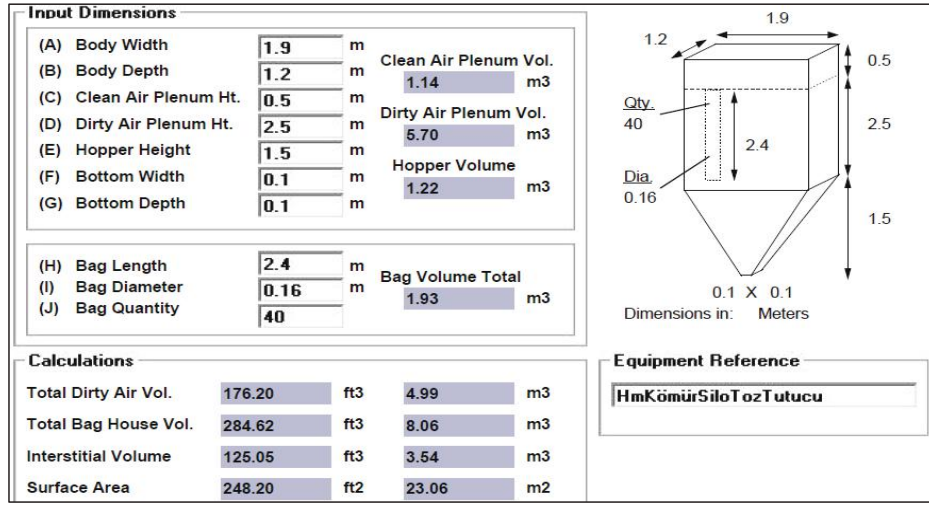




Şekil 7 – Ham Kömür Transfer Sistemi ve Tozsuzlaştırma Bağlantıları Örneği

5.1.5.1 Ham kömür Silosu ve Konveyör Transfer Noktası Jet Filtresi için Zone Belirlenmesi

Tozsulaştırma için kullanılan jet filtrelerin detayları aşağıda verilmiştir.



Şekil 8 – Ham Kömür Alanı Tozsulaştırımda Kullanılan Jet Filtre Ölçüleri

Formül 3 kullanılarak jet filtreler içindeki toz oluşumu tahmin edilir. Burada taşınan ham kömür olduğu için, malzemenin sadece %4'ü toz sınıfına girdiği için filtreler üzerinde birikecek tozun miktarı alt sınırdadır (0,1 mm). Aşağıdaki tabloda jet filtreleri içinde oluşması beklenen toz bulutu konsantrasyonunun hesaplarının sonuçları verilmiştir;

Değerler	Silo Üzeri JF	Konveyör Üzeri JF
Toplam Filtre Yüzey Alanı, m²	48	48
Filtre üzerinde toz birikimi, pulse jet öncesi, mm	0,1	0,1
m	0,0001	0,0001
Toz bulk density değeri, kg/m³	606	606
Her hava püskürtmesi sırasında oluşacak tozun hacmi, m³	0,005	0,005
Oluşan tozun ağırlığı, kg	3	3
Filtrenin Kirli Hava Hacmi, m³	5	5
Toz Bulutu Konsantrasyonu, kg/m³	0,58	0,58
gram/m³	583	583

Tablo 20 – Ham Kömür Silo ve Konveyör Hattı Tozsulaştırma Jet Filtreleri Toz Konsantrasyonu Hesapları



SONUÇ: Yukarıdaki tabloya göre, jet filtreler içinde oluşması beklenen toz konsantrasyonu miktarı, incelenen tozların $MEC_{\text{kömür}}$ (125) x 0,25 değeri olan 31 g/m^3 değerinin üzerinde olduğundan jet filtrelerin kirli hava kısımları **ZONE 20** olacaktır. Jet filtrelerin temiz hava kısımları ise, İngiltere Sağlık ve İş Güvenliği Kurumu tehlikeli ortam sınıflandırılmalarına göre **ZONE 22** olacaktır. Jet filtrelerin kirli hava kısımlarına bağlı olan herhangi bir bakım kapağı olması durumunda, bu kapak etrafındaki 1 metrelik alan **ZONE 21** olarak sınıflandırılacaktır (IEC 61241-10).

5.1.5.2 Ham Kömür Silosu Zone Sınıflandırılması

İki adet 50 m^3 'lük silo mevcuttur. Bunlardan birisi Petkok için, diğeri ise linyit içindir. Siloların üzerinde ve konveyör transfer noktalarında tozsuzlaştırma yapılmıştır. Besleme hızı maksimum 30 ton/saat ve nominal 20 ton/saat olarak çalışılmaktadır. Ham kömür içindeki toz miktarı %4 olmaktadır (500 mikron parçacık ve altı).

SONUÇ: 50 m^3 'lük ham kömür silosu yaklaşık 30 ton ham kömür depolayabilir. Saatte 20 tonluk besleme hızında depo 1,5 saat içinde doldurulabilir. Günde öğütme talebinin 20 ton/saat x 24, yani 480 ton olduğunda bu silo 16 defa (480/30) doldurulması gerekir bu da 16 x 1,5 yani 24 saatlik süredir. Yukarıdaki silo ZONE kriterine göre, silo 6 saat/gün'ün üzerinde olduğundan **ZONE 20** ortam olması gerekir. Ancak ham kömürün sadece %4'ü toz sınıfına girdiği için toz oluşumu düşük olacaktır. Dolayısıyla ham kömür siloları için tehlikeli ortam **ZONE 21** olarak düşünülmelidir.

Linyitin depolandığı silo içinde metan gazı oluşumu olasılığı vardır (petkok için bu durum geçerli değildir). Silo üzerindeki tozsuzlaştırma silo içindeki gaz birikiminin azaltılmasında yardımcı olacaktır ve havalandırma sağlayacaktır. Kullanılan jet filtre $4500 \text{ m}^3/\text{saat}$ hava debisinde, ve 50 m^3 hacim için yaklaşık 90 devir/saat olarak silo içindeki havayı değiştirecektir. Bu değer kriter değeri olan 12 devir/saatın üzerinde olduğundan ZONE 0 veya 1 durumu silo içinde mevcut değildir.

NOT: Ham linyit silosu üzerinde tozsuzlaştırma mekanizması veya havalandırma sağlayacak bir mekanizma yoksa silonun içi aynı zamanda ZONE 0 olacaktır. Böyle bir durumda Silo içi hem ZONE 0 hem de ZONE 21 olarak sınıflandırılacaktır.

5.1.5.3 Silo Altı Boşaltma Zincirli Konveyörleri

Her silonun altında bulunan ve tamamen sızdırmaz olan zincirli konveyörler ham kömürün konveyör hattı şutuna transferini sağlamaktadır. Kapalı sistemin kömür boşaltma ağızında tozsuzlaştırma borusu vardır ve transfer noktasında oluşacak tozu çekmektedir. Toplam kapalı hacmi 10 m^3 olan zincirli konveyörün taşıma yüzeyinde yaklaşık 0,8 mm kömür tozu biriktiği gözlemlenmiştir. Formül 6 kullanılarak aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

Toz yoğunluğu değeri, kg/m ³	606			
Yüzeyde biriken tozun derinliği, mm	0,8		0,0008	metre
Birikim yapan yüzey alanı (bant yüzeyi), m ²	3,5			
Kapalı hacmin yüksekliği, m	2			
Yüzeyde biriken tozun ağırlığı, kg	1,7			
Tozun dağılabileceği iç hacim, m ³	7			
Oluşacak toz bulutunun konsantrasyonu	0,24	kg/m³	242	gr/m³

Tablo 21 – Zincirli Konveyör İç Hacmi İçindeki Toz Bulutu Oluşumu Tahmini

SONUÇ: Zincirli konveyörün içinde çok nadir durumlarda (tozsuzlaştırmanın devre dışı kalması – **senede 10 saat altında**) tozun güvenli sınırı olan (MEC x 0,25) 32 g/m³ üzerinde toz konsantrasyonu oluşabilir. Bu durumda bu ekipmanın iç kısmı **ZONE 22** olarak sınıflandırılır.

5.1.6 Döner Kömür Kurutucu

Döner kurutucular genellikle bilyalı kömür değirmeni sistemlerinde, değirmen öncesi kullanılır. Ham kömür yaklaşık 3,5 derece eğimde olan ve dönme hızı 3-5 RPM arasındaki kurutucuya beslenir. Burada kurutma kaynağı olarak 300 °C sıcaklıkta ve düşük oksijen oranında baca gazları kullanılır (%5-%7). Kurutucu çıkışında sıcaklık 200 °C'ye kadar düşebilmektedir. Kurutulan malzemenin rutubet değeri %6 ila %8 arası değişmektedir. Kurutma kapasiteleri saatte 10-15 ton arasında değişmektedir. Döner kurutucunun yüksek rutubette malzeme besleme tarafında ve üzerinden tozsuzlaştırma borusu olası toz kaçaklarını çekmektedir. Ham kömür kullanıldığından kurutucu içindeki malzemenin ağırlıklı olarak parçacık büyüklükleri yüksek olacaktır. Ancak toz sınıfına giren parçacıklar %4 ve civarında olması beklenir. Bu parçacık büyüklüğünde kömür tozunun MEC değeri 125 g/m³ civarındadır ve NFPA 654'e göre güvenli konsantrasyon bu değer %25'i olarak düşünülmelidir (32 g/m³). Döner kurutucudan çıkan kömür bir şut ve konveyör yardımı ile kaliteli elevatöre taşınır ve oradan da ham kömür silosuna transfer edilir.

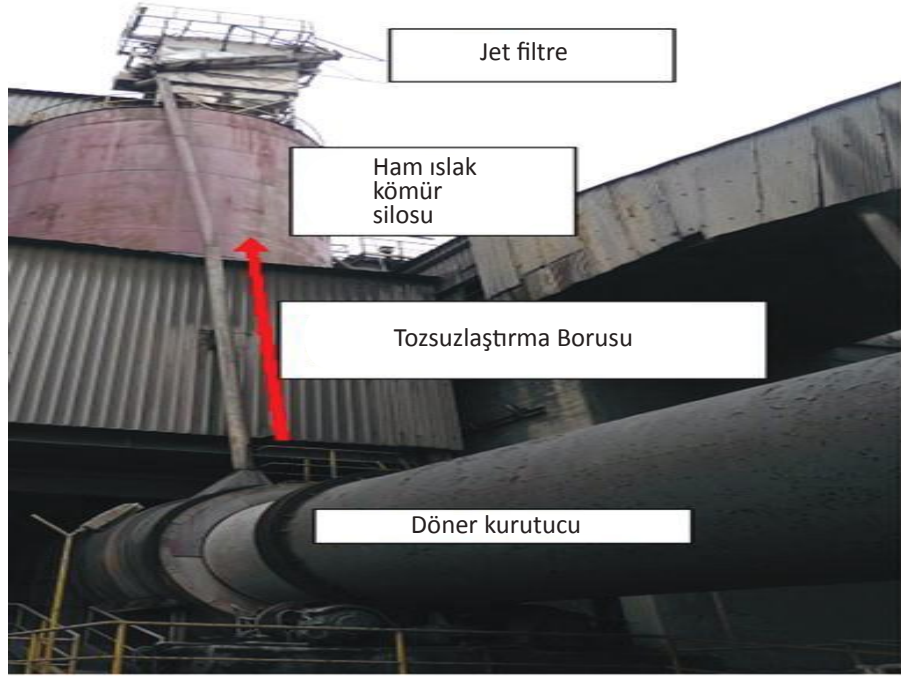
Normal şartlarda ham kömür döner kurutucuları içinde oluşacak toz bulutunun miktarının, kömürün MEC değeri üzerinde oluşması beklenir. Ancak düşük oksijenli kurutma gazı kullanıldığı için normal şartlarda patlayıcı ortam oluşma olasılığı düşüktür. Ancak acil duruş ve yeniden başlama, vakum içindeki sisteme hava kaçakları gibi anormal durumlarda ortam oksijen oranının kömür MOC değerinin üzerinde oluşması tahmin edilir dolayısıyla patlayıcı ortam oluşabilir. Özellikle tozun besleme ve boşalma ağızlarında toz konsantrasyonunun kaçak yapma olasılığı vardır. Bu noktalarda kullanılan tozsuzlaştırma ile toz kaçakları minimize edilerek daha güvenli bir ortam sağlanır. Bağlantılı toz toplayıcı içinde kömürün MOC ve MEC değerleri üzerinde ortam oluşması beklenir.



Döner kurutucu içinde malzemenin giriş ve çıkış arasında kaldığı süre bilindiğinde ve kurutucu ölçüleri, toz sınıfındaki malzemenin % olarak miktarı ve kapasitesi bir arada kullanılarak içerde oluşan toz bulutunun konsantrasyonu aşağıdaki formül ile hesaplanabilir.

$$\frac{\text{Kurutma Kapasitesi} \left(\frac{\text{kg}}{\text{saat}} \right) \times \text{Toz Miktar (\%)} \times \text{Malzemenin kurutucu içi kalış süresi (saat)} \times 1000 \text{ gram}}{\text{Döner kurutucu hacmi (m}^3\text{)} \times 1 \text{ kg}}$$

Formül 7 – Döner kurutucu içinde oluşacak toz konsantrasyonu tahmini



Fotoğraf 4 – Kömür Döner Kurutucu ve Besleme Kısmı Tozsuzlaştırma Mekanizması

Örnek 7 – Ham kömür kurutma sistemi içindeki Zone sınıflandırılması

12 m uzunluğunda ve 3 m çapındaki döner kurutucu, saatte 10 ton kurutma kapasitesindedir. Ham kömür içindeki toz sınıfına giren malzeme %3'tür (500 mikron altı parçacık). Islak malzemenin döner kurutucuya girişi ve kurutucudan çıkışı arasınının 20 dakika olduğu bildirilmiştir. Aşağıda toz miktarı hesabı için gerekli hesapların özeti bulunmaktadır. Formül 7 kullanılarak ekipman içi toz konsantrasyonu hesaplanmıştır.

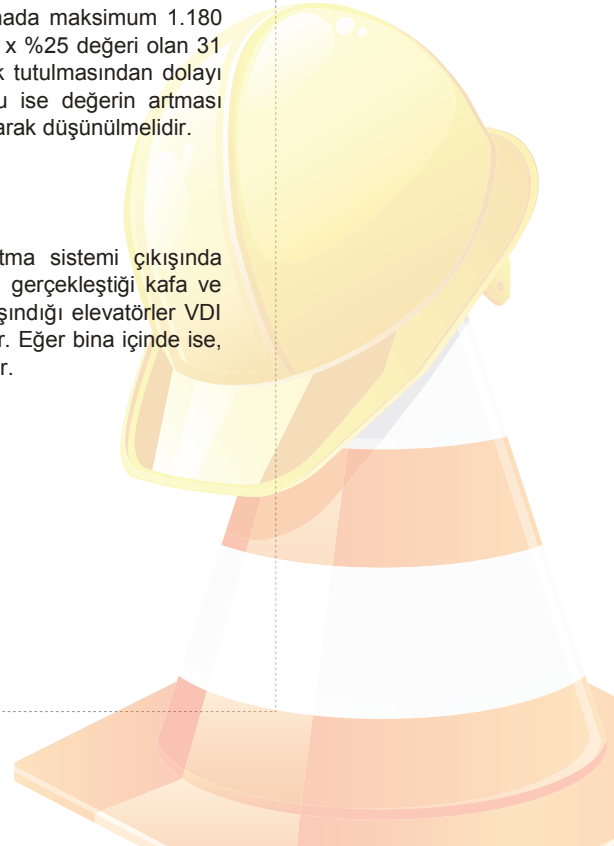
Çap, m	3
Uzunluk, m	12
Kapasite, kg/saat	10,000
Malzemenin sistem içinde kalış zamanı, dakika	20
Malzemenin sistem içinde kalış zamanı, saat	0,33
Herhangi zamanda sistem içindeki malzeme miktarı, kg	3,333
Malzeme içindeki toz miktarı (500mikron altı parçacık), %	3%
Malzeme içindeki toz miktarı (500mikron altı parçacık), kg	100
Toplam kurutucu hacmi, m ³	85
Ekipman içi oluşacak maksimum toz konsantrasyonu, gr/m ³	1,180

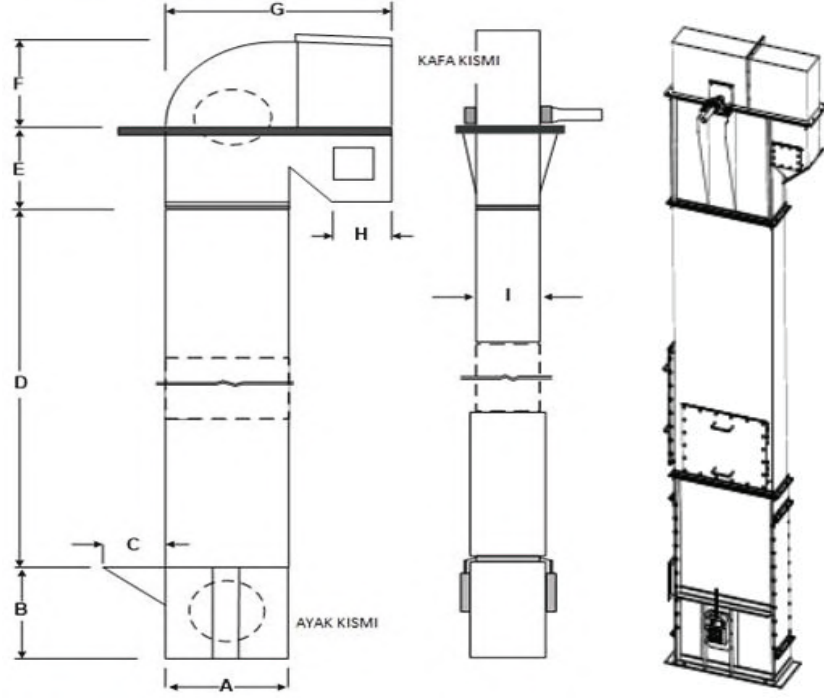
Tablo 22 – Döner Kurutucu İçindeki Toz Bulutu Oluşumu Hesapları

SONUÇ: Yukarıdaki tabloya göre, döner kurutucu içinde normal çalışmada maksimum 1.180 gram/m³ toz bulutu oluşma olasılığı vardır. Bu değer sistem içinde MEC x %25 değeri olan 31 g/m³ ün çok üzerindedir. Ancak kurutma gazının oksijen oranının düşük tutulmasından dolayı (%5-7) patlayıcı ortam oluşma riski düşüktür. Anormal durumlarda bu ise değer artması beklenir. Dolayısıyla döner kömür kurutucusunun iç kısımları **ZONE 21** olarak düşünülmelidir.

5.1.7 Kömür Taşıma Kovalı Elevatörü

Kovalı elevatörler, kömürün dikey taşınması sırasında özellikle kurutma sistemi çıkışında kullanılmaktadır. Elevatörlerdeki toz bulutu oluşumu madde transferinin gerçekleştiği kafa ve ayak kısımlarında oluşması beklenir. Kömür gibi yanıcı malzemelerin taşındığı elevatörler VDI 2263 ve NFPA654 standartlarına göre açık havada olması önerilmektedir. Eğer bina içinde ise, gerekli patlamadan korunma mekanizmalarının kullanılması önerilmektedir.





Şekil 9 – Tek Ayıklı Kovalı Elevatör

Genellikle kafa veya ayak kısımlarında oluşacak toz bulutları tozsuzlaştırma boruları ile ortamdan çekilerek normal çalışma şartlarında toz bulutu oluşumu azaltılır. Ancak tozsuzlaştırmada oluşacak aksaklıklarda, acil durma/başlama durumlarında veya tıkanmalarda toz konsantrasyonları MEC üzerinde olması beklenmektedir.

Toz konsantrasyonu hesaplarında elevatörün kafa ve ayak kısımlarının net boş hacimleri hesaplandıktan sonra, toz kaynağı olan kova hacmi ve taşıdıkları toz malzeme miktarı hesaplanarak ve her kovanın boşalma veya dolma sırasında toz miktarının tamamının havada toz bulutu oluşturacağı varsayılarak (kötü senaryo) kafa ve ayak kısımlarında oluşacak maksimum toz konsantrasyonu hesaplanabilir.

$$\frac{\text{Kova Hacmi (m}^3\text{)} \times \text{Kömür Bulk Density (} \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\text{)} \times \text{Toz Oranı (\%)} \times 1000\text{gr/kg}}{\text{Kovalı Elevatör Kafa veya Ayak Kısmı İç Hacmi (m}^3\text{)}}$$

Formül 8 – Kovalı Elevatör Kafa ve Ayak Kısımlarındaki Toz Bulutu Konsantrasyonu Tahmini

Örnek 8 – Kömür kurutucu çıkışı kovalı elevatör içindeki Zone sınıflandırılması

Saatte 12 ton kapasitede ve 12 metre uzunluğunda, tek ayaklı kovalı elevatör kurutulmuş ham kömürün, ham kömür silosuna transferinde kullanılmaktadır. Kömürün bulk density değeri 606 kg/m^3 ve ham kömür içinde 500 mikron altı parçacık oranı %4 olarak verilmiştir. Elevatörün ayak kısmı hacmi $2,9 \text{ m}^3$ ve kafa kısmı hacmi $4,4 \text{ m}^3$ olarak verilmiştir. Sistem içindeki kovaların iç hacmi $0,001 \text{ m}^3$ olarak üretici tarafından verilmiştir. Her bir kovanın boşaltma veya doldurma sırasında içindeki toz oranı kadar hacim içinde toz oluşturacağı varsayılmıştır. Aşağıda kafa ve ayak kısımlarında olası toz konsantrasyonları Formül 8 kullanılarak hesaplanmıştır.

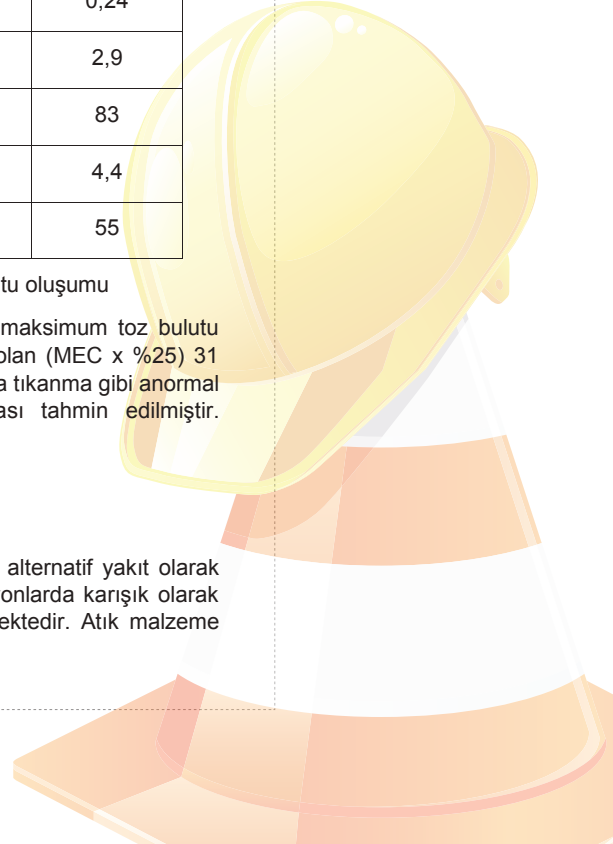
Kömür yoğunluğu, kg/m^3	606
Kova hacmi, m^3	0,01
Kovadaki kömür miktarı, kg	6
Boşaltma yapacak kova sayısı	1
Boşaltılan kömür miktarı, kg	6,06
Kömür toz oranı, %	4%
Toz bulutu oluşturacak maksimum kömür miktarı, kg	0,24
Ayak Kısmı Hacmi, m^3	2,9
Ayak kısmı Toz Konsantrasyonu, g/m^3	83
Kafa Kısmı İç Hacmi, m^3	4,4
Kafa kısmı Toz Konsantrasyonu, g/m^3	55

Tablo 23 – Kovalı elevatör ayak ve kafa kısımlarındaki toz bulutu oluşumu

SONUÇ: Yukarıdaki tabloya göre ayak ve kafa kısımlarında oluşacak maksimum toz bulutu miktarları incelenen kömür tozunun güvenli toz bulutu konsantrasyonu olan (MEC x %25) 31 g/m^3 'ün üzerindedir. Bu oluşumun ancak acil duruş, yeniden başlama veya tıkanma gibi anormal durumlarda oluşması beklenir ve senede 10 saatin üzerinde olması tahmin edilmiştir. Dolayısıyla ayak ve kafa kısımları **ZONE 21** olarak düşünülmelidir.

5.1.8 ATY Katı Yakıt Hazırlama Tesisi

Atık malzemelerden yakıt üretimi gittikçe artarak çimento fabrikalarında alternatif yakıt olarak kullanılmaktadır. Ambalaj, tekstil, kağıt, selülozik atıkları farklı kompozisyonlarda karışık olarak kullanılmaktadır. ATY'ler yarı açık bina içinde depolanmakta ve işlenmektedir. Atık malzeme





üzeri kapalı bina içinde öncelikle stoklanmaktadır. Burada dozer tarzı besleyicilerle birincil öğütücüye aktarılır, burada kaba olarak parçalanmış malzeme bir dizi kapalı konveyör hattından geçer ve drum seperatörleri yardımıyla ayrıştırılır. Seperatör içindeki toz malzemeler seperatörün üst kısmından geçerek genellikle bina dışında olan jet filtreye yönlendirilir. Daha büyük parçacıklar ikincil öğütücüye kapalı konveyör ve şut yardımıyla beslenir. ATY yakıtı olarak kullanılacak parçacık büyüklüğündeki malzeme, sızdırmaz bir zincir konveyör yardımı ile ATY silolarına taşınır. ATY siloları yarı açık veya tamamen kapalı olabilir. Toz kömür dozajlama sisteminin benzeri bir sistem kullanılarak ATY yakıtları kömür ile eş zamanlı yakmak üzere burulörlere beslenir.

Öğütme proseslerinde ve transfer noktalarında toz oluşumu yüksek olasılıktır. Sistem içinde öğütücü içinde, konveyör transfer noktalarında (şutlarda) ve seperatörde, toz toplayıcılarda, ve silo içinde toz oluşumu beklenir. Bu noktalardan olası kaçaklar ATY üretim binası içinde birikim yaparak ikincil patlama riskleri yaratabilir. Bina içi birikimler 5.2 nolu bölümde verilmiştir.

Kömür proseslerindeki benzer prosesler ATY hatlarında kullanılmaktadır ve kömürde kullanılan formüller kullanılarak ekipman içi toz bulutu oluşumu konsantrasyonları hesaplanarak ZONE değerleri belirlenir.

NOT: Alternatif yakıtlar olarak kuru belediye çamuru tarzı granüler malzemelerde yakılmaktadır. Bu malzemeler granül/toz olarak alındığı haliyle kullanılmaktadır. Sadece yakıt fabrikaya geldikten sonra mekanik veya pnömatik olarak bir siloya basılır ve bu silodan dozajlama yapılarak toz kömürle eş zamanlı yakılmak üzere toz kömür burulörüne basılır. Buradaki ZONE hesapları toz kömüründe yapılan uygulamaya benzer olacaktır. Sadece gelen malzemenin fiziksel özellikleri dikkate alınmalıdır (toz yoğunluğu, toz parçacık büyüklüğü yüzdesi vs...). Aynı zamanda kurutulmuş çamurların son derece yıpratıcı malzemeler oldukları kullanıcılar tarafından bildirilmiştir. Dolayısıyla özellikle pnömatik taşıma hatlarında zaman içinde yıpranmadan dolayı etrafa kaçaklar olması olasıdır. Analizlerde bu durum göz önüne alınmalıdır.

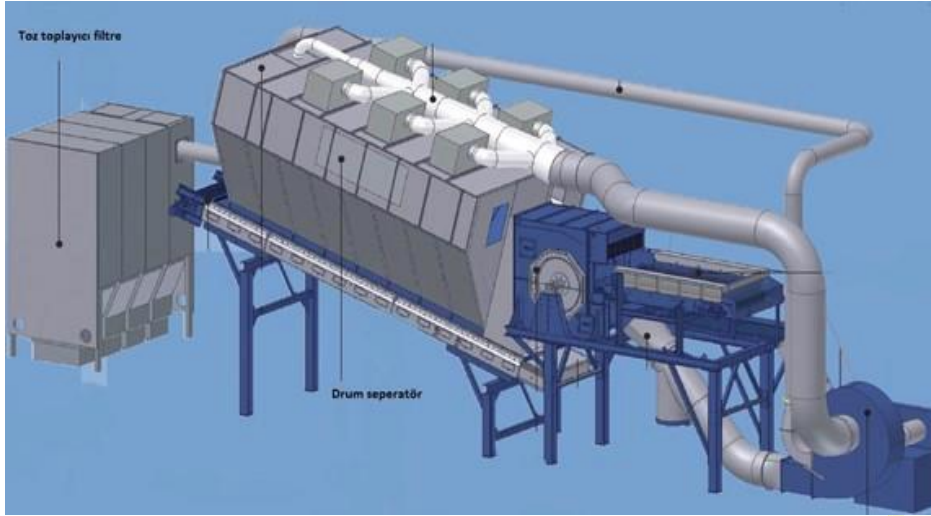
Örnek 9 – ATY hazırlık proses Zone sınıflandırılması

Plastik ve kağıt ambalaj atıkları ATY tesisine kamyonlarla getirilip yarı kapalı stok alanında depolanmaktadır. Buradan önden yükleyici ile birincil öğütücüye beslenmektedir. ATY üretim hızı proses içinde 8-12 ton/saat arasında değişmektedir ve ATY yakıtın brülöre besleme hızı 10-13 ton/saat olarak verilmiştir. Hazırlanan ATY, pnömatik olarak DN200 boru ile 32 m³/saat hava debisinde taşınır.

ATY tesislerinde kullanılan shredder tipi öğütücüler, kömür sistemlerindeki öğütüçülere göre farklı çalışma sistemine sahiptirler. Sistem içindeki hızla dönen kesiciler içeri giren malzemeyi hem yakalar hemde keserek parçalarlar. Çıkan malzeme ise öğütücü eleğinden çıkarak altındaki konveyöre taşınır. Birincil konveyörlerin besleme ağızları genişletir ve kapalı değildir. Dolayısıyla toz kaçakları buradan dışarı olur. Bıçakların olduğu hacim ise tozun ekipman içinde olduğu alandır. İkincil öğütücülerin ise besleme ağızları kapalıdır. Konveyörden bir şut aracılığı ile beslenir. Burada hem besleme haznesi hemde kesme haznesinde toz oluşumu mümkündür. Shredder içindeki toz bulutu oluşumu toplam beslenen miktarın ağırlığı ve içinde bulunan hacmin oranından basit metotla hesaplanır.

ATY hazırlık tesisinde drum seperatöründeki resirkülasyon fanı 12.000m³/saat hava debisindedir. Bina dışındaki toz toplayıcının toplam filtre alanı 55 m² ve hava debisi 4.500 m³/saat olarak verilmiştir. Şekil 1'de genel görüntüsü verilmiştir.

Üretilen ATY ürünü 4,5 çapında ve 8 m yüksekliğinde 3 adet metal ATY silosuna, zincir konveyör kullanılarak beslenir. Siloların altındaki dozajlama bunkerleri ve pnömatik hat yardımıyla ATY yakıtları kömür ile eş zamanlı yakılmak üzere brülöre gönderilir.



Şekil 10 - Drum seperatör ve bağlantılı jet filtre¹⁷

Kullanılan kapalı konveyör bantlarının bant genişliği 1.000 mm ve 1.000 x1.000 mm açıklıktaki şutlardan bağlantılı ekipmanlara madde transfer edilmektedir. Şutların derinlikleri 1.500 mm olarak verilmiştir. Konveyörün kapalı yüzeyi bant yüzeyinden 350 mm yukarıdadır.

Ham ATY malzeme toz değildir. Ancak öğütme sırasında ortaya çıkan malzemenin %5'i 500 mikron ve altında toz sınıfına girmektedir. Ortaya çıkan kırıntı/toz karışımı halindeki ATY nin hacimsel yoğunluk değeri 66 kg/m³ olarak ölçülmüştür. Önden yükleyici tarafından yüklenen malzemenin ağırlığı yaklaşık 400 kg/sefer olarak bildirmiştir.

ATY tozlarının MEC değeri 60 g/m³olarak belirlenmiştir. Formül 1'e göre güvenli toz bulutu hacmi MEC x %25, yani 60 x %25= **15 g/m³** olarak hesaplanır.

5.1.8.1 Birincil ve İkincil Parçalayıcılar İçindeki Toz Oluşumu ve Zone Sınıfı

Birincil ve ikincil parçalayıcılar içinde oluşan toz bulutu miktarı, besleme ağızı ve öğütme haznelerinde ayrı olarak hesaplanır. Aşağıdaki tabloda öğütücü ölçüleri ve toz oluşum hesapları verilmiştir.

¹⁷ Ref: Nihot Recycling Technology B.V.



	Birincil Parçalayıcı	İkincil Parçalayıcı
Beslenen malzeme miktarı, kg/besleme	400	400
Malzemenin bulk density değeri, kg/m ³	66	66
Karışımındaki 500 mikron altı parçacık büyüklüğü miktarı, %	5%	5%
Toz parça miktarı, kg	20	20
Öğütücü besleme haznesi hacmi (şut dahil), m ³	açık	15
Öğütücünün parçalama haznesi hacmi, m ³	7	4
Toz oluşumu hesapları		
Öğütücü besleme haznesi toz bulutu oluşumu, g/m ³	-	1.333
Öğütücünün parçalama haznesitoz bulutu oluşumu, g/m ³	2.857	5.000

Tablo 24 – Öğütücü Haznelerinde Oluşan Tozun Konsantrasyonu

SONUÇ: Yukarıdaki tablo ve hesaplara göre, parçalayıcıların kapalı hacimleri içinde oluşması beklenen toz bulutu konsantrasyonu tozun patlamaya karşı güvenli toz bulutu konsantrasyonu olan 15 g/m³'ün çok üzerindedir ve bu oluşum normal çalışmada beklenir. Dolayısıyla parçalayıcıların kapalı hacimleri **ZONE 20** olarak tahmin edilir.

5.1.8.2 ATY Konveyör Hatları (Kapalı)

Tesis içinde konveyör transfer hatları üzerinde tozsuzlaştırma yoktur. Dolayısıyla konveyör bantları üzerinde toz birikimi mümkündür. Ziyaret sırasında yaklaşık **1mm** tozun biriktiği gözlemlenmiştir. Formül 6 kullanılarak kapalı konveyörler içinde oluşacak toz bulutu konsantrasyonu tahmin edilmiştir.

Toz bulk density değeri, kg/m ³	66			
Yüzeyde biriken tozun derinliği, mm	1		0,001	m
Birikim yapan yüzey alanı (bant yüzeyi), m ²	1			
Kapalı hacmin yüksekliği, m	0,35			
Yüzeyde biriken tozun ağırlığı, kg	0,07			
Tozun dağılabileceği iç hacim, m ³	0,35			
Oluşacak toz bulutunun konsantrasyonu	0,19	kg/m³	189	gr/m³

Tablo 25 – Konveyör Hattı İçinde Oluşan Tozun Miktarı

SONUÇ: Bant konveyörlerin içinde normal şartlarda tozun güvenli sınırı olan 15 g/m³ üzerinde toz konsantrasyonu oluşma olasılığı var (senede 10-1000 saat arası). Bu durumda ekipmanın iç kısmı **ZONE 21** olarak sınıflandırılır. Konveyörün üzerindeki bakım veya temizlik kapaklarının açıklıkları etrafındaki 1m alan **ZONE 22** olacaktır.

NOT: Eğer bu sistemde transfer noktalarına tozsuzlaştırma yapılırsa, toz birikimi önemli ölçüde azalarak sadece tıkanma ve başlama/durdurma durumlarında toz bulutu oluşacağından iç hacim **ZONE 22** olacaktır.

5.1.8.3 Drum Separatör (Sürekli Sistem)

ATY üretim hattında bulunan drum separatör, katı maddeden ince ve hafif malzemenin ayrıştırılmasında kullanılmaktadır. Hava debisi 12000m³/saat olarak verilmiştir. Aşağıdaki tabloda separatör detayları ve Formül 2 için gereken değerler ve sonuçlar gösterilmiştir.

	Min	Nominal	Max
Madde taşıma hızı, ton/saat	8	10	12
% Toz oranı (500 mikron ve altı)	6%	6%	6%
Toz akışı, kg/hr	480	600	720
Toz akışı, g/s	133	167	200
Hava debisi, m ³ /saat	12.000	12.000	12.000
Hava debisi, m ³ /saniye	3,3	3,3	3,3
Toz Bulutu Konsantrasyonu, g/m³	40	50	60

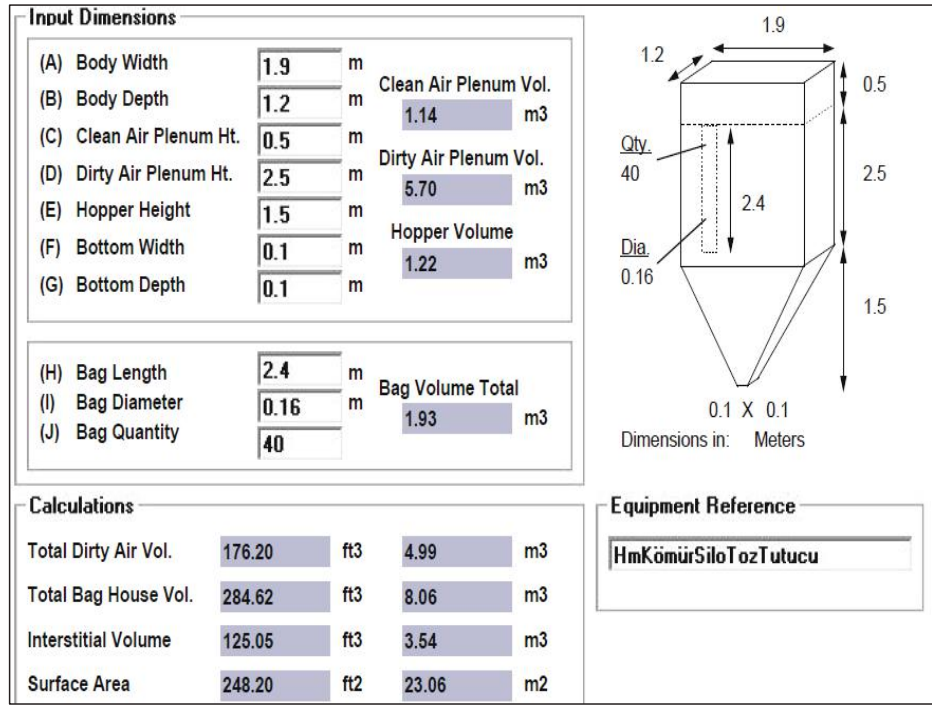
Tablo 26 - Drum Separatör Toz Bulutu Oluşumu Hesapları



SONUÇ: Drum seperatör içinde normal çalışma sırasında bazı durumlarda toz konsantrasyonunun ATY tozunun güvenli toz konsantrasyonu sınırı üzerine çıkması beklenmektedir. Dolayısıyla seperatörün iç kısmı **ZONE 21** olmaktadır. Bakım kapakları dışındaki 1 m alan ise **ZONE 22** olması uygundur.

5.1.8.4 Toz Toplayıcı

Toz toplayıcı bina dışındadır ve drum seperatörden çıkan tozları toplamak için kullanılmaktadır. Aşağıda toz toplayıcının detayları verilmiştir.



Şekil 11 – Drum seperatör jet filtresi detayları

Formül 3 kullanılarak jet filtredeki toz birikimi hesaplanmıştır. ATY tozlarının toz yoğunluk değeri düşük olduğundan filtre üzeri birikim kalınlığı üst sınırdaki tahmin edilmiştir.

Değerler	ATY Filtresi
Toplam filtre yüzey alanı, m ²	50
Filtre üzerinde toz birikimi, pulse jet öncesi, mm	1
m	0,001
Toz yoğunluğu, kg/m ³	66
Her hava püskürtmesi sırasında oluşan tozun hacmi, m ³	0,050
Oluşan tozun ağırlığı, kg	3
Filtrenin kirli hava hacmi, m ³	5
Toz bulutu konsantrasyonu, kg/m ³	0,66
gram/m ³	661

Tablo 27 – ATY Drum Separatör Jet Filtresi Toz Bulutu Konsantrasyonu Tahmini

SONUÇ: Yukarıdaki tabloda gösterildiği gibi, filtre içinde tahmin edilen toz konsantrasyonu 661 g/m³tür ve bu değer güvenli toz konsantrasyonu sınırı olan 15 g/m³'ün çok üzerindedir. Toz oluşumunun yüksek sıklıkta oluşacağı düşünüldüğünde, ekipman kirli hava kısmı **ZONE 20** olacaktır. Jet filtrenin temiz hava kısmı ise, İngiltere Sağlık ve İş Güvenliği Kurumunun¹⁸ tehlikeli ortam sınıflandırılmalarına göre **ZONE 22** olacaktır. Jet filtrelerin kirli hava kısımlarına bağlı olan herhangi bir bakım kapağı olması durumunda, bu kapak etrafındaki 1 metrelik alan **ZONE 21** olarak sınıflandırılacaktır (IEC 61241-10).

5.1.8.5 ATY Siloları

Üç adet ATY silosuna yakıt konveyör yardımı ile beslenir. Her silonun hacmi 130 m³ olarak hesaplanmıştır. Formül 5'teki kritere göre aşağıdaki sonuçlar gözlemlenmiştir.

SONUÇ: 130 m³'lük toz kömür silosuna yaklaşık 8 ton ATY yakıtı depolanabilir ve üç silo toplamı 24 ton olacaktır. Günlük yakıt talebi, 10 ton/saat üzerinden 240 ton olacaktır ve bu da her silo başına günde 80 ton tüketim demektir. Bu ihtiyacın karşılanması için her silonun günde 8 saat doldurulması gerekir. Formül 5 tablosunda verilen silo Zone kriter değerlerine göre, silo 6 saat/gün ün üzerinde olduğundan **ZONE 20** ortam ortaya çıkar. Ancak siloların içinde sadece %6'lık kısmı 500 mikron altında olduğundan parçacık büyüklüğü sistem içinde büyüktür ve toz bulutunun uzun süreli silo içinde oluşması beklenmez. Dolayısıyla ATY toz siloları için **ZONE 21** ortam düşünülmelidir.

¹⁸ SIM 03/2009/08, UK Health and Safety Executive Hazardous Area Classification for Chemical Plants.

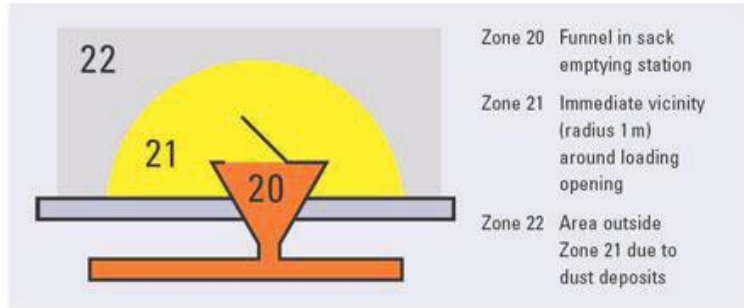


5.2 Yüzeylerdeki Toz Birikimleri ve Zone Belirlenmesi

Üretimin yapıldığı binaların içindeki yüzeylerinde, ekipman ve borular üzerinde biriken tozlar Zone sınıflandırılması kapsamına girmektedir. Avrupa'da IEC61241-10 ve EN 50281-3 ve ABD'de NFPA 654 yüzeylerdeki toz birikimleri, temizlik sıklıkları ve Zone sınıfları hakkında kuralları koymaktadır. IEC ve EN standartları daha nitel ve NFPA daha nicel olarak Zone sınıflarının kararı verilebilmektedir. Aşağıda IEC ve NFPA standartlarının tozlu ortamlardaki Zone sınıflandırılmasını gösteren tablolar verilmiştir.

Temizlik Seviyesi	Toz Birikiminin Kalma Süresi	Yangın veya Patlama Riski
İyi	Yok	Yok
Tatmin edici	Bir vardiya içinde	Yok
Kötü	Bir vardiyadan uzun sürede	Yangın riski var ve tozun kalktığı anlarda Zone 22

Tablo 28 - IEC61241-10 ve EN 50281-3 Temizlik Seviyesi ve Zone Sınıfları



Şekil 12 – IEC 61241-10'a Göre Yanıcı Tozların Bulunduğu Ortamlardaki Ekipmanların İçi ve Etrafındaki (Toz Kaçağı ve Birikimi) Zone Sınıflandırılması Örneği

Yukarıda Şekil 12'de yer alan örnekte, IEC standardında kaçak olma olasılığı olan ve içi Zone 20 olan ekipmanın kaçak açıklılığının etrafındaki 1 metrelik alan Zone 21 ve onun etrafı da Zone 22 olarak düzenlenir.

NFPA 654-2013¹⁹ Bölüm 6.1.3.2'de yüzeylerde toz patlaması veya flash yangınlarına sebebiyet verecek toz birikimi miktarlarının hesaplanma yöntemleri verilmiştir. Bu çalışmada 4. formül olan hacim metodu bu kılavuzda örnek olarak kullanılmıştır.

¹⁹ NFPA® 654, Standard for the Prevention of Fire and Dust Explosions from the Manufacturing, Processing, and Handling of Combustible Particulate Solids, 2013 Edition.

NOT: Kullanıcı NFPA 654 metodu veya yukarıdaki tabloda verilen ve IEC 61241-10 görsel metotlarından birisini kullanarak yüzeylerde biriken tozlar için ZONE sınıflandırmasını yapabilir.

Daha nicel bir yöntem kullanılan NFPA metoduna göre aşağıdaki analizler incelenen alandan toplanan örnekler üzerinde yapılmalıdır.

- İncelenen her proses alanı için toz kesintisiz olarak yüzeylerde birikim yaptığı yüzeyden 0,09m² (1ft²) boyutlarında en aşağı 3 örnek toplanır.
- Örnek toplanmadan önce, birikimin olduğu bölgelerden minimum 3 tane derinlik ölçümü yapılarak toz birikiminin derinliği belirlenir ve kaydedilir. Ölçüm yapılan bölge ve örnek endekslenerek kaydedilir ve örnek toplanan bölgelerin fotoğrafı çekilir.
- Aynı bölgeden alınan örneklerin toz bulk density (kg/m³ cinsinden yoğunluğu) belirlenir (toplanan net madde ağırlığının kapladığı hacim).
- Kesintisiz şekilde biriken tozun uzunluğu, genişliği ve toz birikiminin ortalama kalınlığı ölçülerek kayıt edilir.
- Analizi yapılan her bölge için, toplanan örnekler üzerinde elek (sieve) analizi yapılarak, 500 mikron, 250 mikron, 90 mikron altı parçacık büyüklüklerinin yüzde (%) olarak dağılımı belirlenir. Bu bilgi, risk analizi sırasında toz oluşumunun belirlenmesinde yardımcı olacaktır.

$$LD (mm) = \frac{(0,8 mm) * (1200 \frac{kg}{m^3})}{BD}$$

Formül 9 – İzin Verilebilecek Toz Birikimi Derinliği Hesaplama Formülü (NFPA 654)

LD = toz birikimi derinliği kriter değeri

BD= İncelenen Alanda Birikmiş Tozun Bulk density değeri (kg/m³)

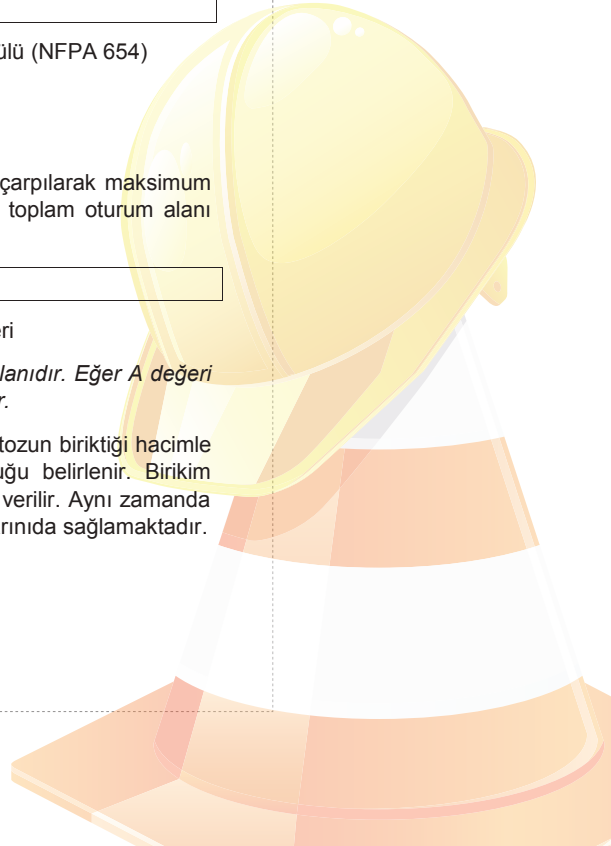
LD derinliği hesaplandıktan sonra, değer 93 m² (1000ft²) sınır değeri ile çarpılarak maksimum kabul edilebilir toz hacmi hesaplanır (V). Eğer incelenen bina yüzeyinin toplam oturum alanı 93m² nin altında ise, gerçek yüzey alanı kullanılır.

$$V = LD \times A$$

Formül 10 – Ortamda Biriken Tozun Sınır Hacim Değeri

Burada, V toz birikim sınır hacmi (m³), A (m²) incelenen bölgenin yüzey alanıdır. Eğer A değeri 93 m²'nin üzerinde ise 93 m² değeri kullanılır. Değilse gerçek değer kullanılır.

Daha sonrada fabrika içerisindeki analiz edilen yerlerde biriken kesintisiz tozun biriktiği hacimle kıyaslanarak, eğer limit değerinin üzerinde ise ikincil patlama riski olduğu belirlenir. Birikim derinliğine göre aşağıdaki tablo yardımı ile Zone sınıflandırılmasına karar verilir. Aynı zamanda bu veriler, temizlik metotlarının tasarlanmasında gerekli toz birikim miktarlarında sağlamaktadır.





Ortamda Oluşan Tozun Derinliği (mm)			Toz Birikim Kriteri		
NFPA654 Ref Madde (bulk yoğunluğu 1.200kg/m ³)	Kömür Tozları (ave bulk yoğunluğu 606 kg/m ³)	ATY Tozları (ave bulk yoğunluğu 66 kg/m ³)	Oluşum Sıklığı	Temizlik Kuralları	Tehlikeli Alan Sınıfı (Zone)
Yüzey renginde değişiklik belirli değil	Yüzey renginde değişiklik belirli değil	Yüzey renginde değişiklik belirli değil	Yok	Yok	Sınıflandırma dışı (genel amaçlı alan)
<0,8 mm	< 1,6 mm	< 14,5 mm	Az sıklıkta< senede 3 defa	Oluştugu vardiya sırasında	Sınıflandırma dışı (genel amaçlı alan)
<0,8 mm	< 1,6 mm	< 14,5 mm	Devamlı veya sık > senede 3 defa ve toz birikim 24 saat içinde	Ortaklama toz birikimi 0,4 mm nin altında kalacak şekilde düzenli temizlik	Sınıflandırma dışı ancak toz-korunaklı kutu (IP 6x, NEMA 4)
0,8 ila 3.2 mm	1,6 ila 6,4 mm	14,5 ila 58 mm	Az sıklıkta< Senede 3 defa	Oluştugu vardiya sırasında	Sınıflandırma dışı ancak toz-korunaklı kutu (IP 6x, NEMA 4)
0,8 ila 3,2 mm	1,6 ila 6,4 mm	14,5 ila 58 mm	Devamlı veya sık > senede 3 defa ve toz birikim 24 saat içinde	Ortamam toz birikimi 1,5 mm nin altında kalacak şekilde düzenli temizlik	Class II Div 2 / ZONE 22
>3,2 mm	> 6,4 mm	> 58 mm	Az sıklıkta < Senede 3 defa	Oluştugu anda sistemi durdurup temizlik yapılması	Class II Div 2 / ZONE 22 veya 21
>3,2 mm	> 6,4 mm	> 58 mm	Devamlı veya sık > senede 3 defa ve toz birikim 24 saat içinde	Düzenli temizlikle toz birikimini azalt	Class II Div 1 / ZONE 21

Tablo 29 – NFPA 654 Toz Birikimi Sınırları Sınıflandırılması ve Kömür İle ATY'lere Uyarlaması

Örnek 10 – Kömür Öğütme Binasında Yüzeylerde Toz Birikimi ve Zone Belirlenmesi

Yapılan incelemede çimento fabrikası kömür hazırlık tesisinde, dikey öğütücünün içinde bulunduğu üretim alanı toplam 15 m x 15 m (225m²) ayak izine sahiptir. Bina içinde giriş katında dikey öğütücü, orta asma katta pulvarize kömür deposu, kantar alanı ve en üst katta kömür filtresi bulunmaktadır. Fabrika ziyaretleri sırasında aşağıdaki gözlemler yapılmıştır;

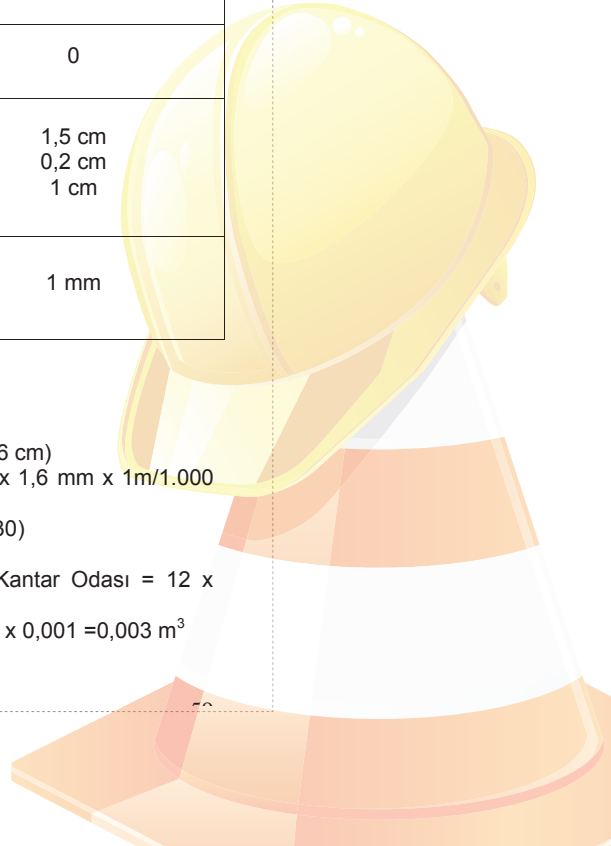
- Dikey öğütücünün bulunduğu alanda yerler temiz ve rengi görülebiliyor. Oluşan öğütücü kaçakları aynı vardiyada temizleniyor.
- Orta kattaki pulvarize kömür deposu ve yardımcı aksamın bulunduğu yerde sistemdeki toz kömür boşaltma hava kilidinden toz kömür kaçağı gözlemlenmiştir. Yapılan araştırmada bu kaçağın hava kilidinde oluşan arızadan dolayı olduğu bildirilmiştir. Senede 3 defaya kadar bu tarz arızaların daha önceden gözlemlendiği bildirilmiştir. Bu bölgede bulunan yüzeyler, ekipman üzerleri, boruların üzerleri ve krişlerin üzerinde yaklaşık 0,2-2 cm arası toz birikimi kesintisiz olarak mevcuttur. Yapılan toz birikimi ölçümleri aşağıdaki tabloda verilmiştir.
- Filtrenin hopper ve boşaltma helezonunun olduğu kısımlar bina içinde ve kalanı bina dışındadır. Ortamda biriken toz 1 mm kalınlığında ve 1 m x 2 m lik bir alanda birikmiştir.
- Etraftaki biriken tozun bulk density (yoğunluk) değeri 606 kg/m³ olarak belirlenmiştir.
- Toz temizliği vardiyalarda yapılsa da bunun prosedüre bağlı olmadığı ve sınır değerler göz önüne alınmadan yapıldığı belirtilmiştir.

Toz Birikiminin Bulunduğu Bölgeler	Tozun Birikim Yaptığı Alan, m ²	Toz Birikim Derinliği, cm
Değirmen Odası	YOK	0
Pulverize Kömür Boşaltma Hopperi ve Dozajlama / Kantar Odası	Yerler – 3 m x 4 m= 12 m ² Ekipman Yüzeyleri ~ 2,5 m ² Boru ve Krişler – 8m x 0,1 = 0,8m ²	1,5 cm 0,2 cm 1 cm
Kömür Filtresi Hopper ve Boşaltma Helezonu Odası	Yerler – 3 m ²	1 mm

Tablo 30 – Ortamda Biriken Toz Örneği

Hesaplar

1. LD Kriter Değeri (Formül 9) = (0,8 x 1.200) / 606 = 1,6 mm (0,16 cm)
2. Toplam izin verilen toz birikimi hacmi (formül 10), V = 93 m² x 1,6 mm x 1m/1.000 mm = **0,15 m³**
3. İncelenen bina içindeki yüzeylerdeki gerçek birikim (bkz Tablo 30)
 - a. Öğütücü odası = 0
 - b. Pulverize Kömür Boşaltma Hopperi ve Dozajlama / Kantar Odası = 12 x 1,5/100 + 2,5x0,2/100 + 0,8x1/1.000 = 0,193 m³
 - c. Kömür Filtresi Hopper ve Boşaltma Helezonu Odası = 3 x 0,001 =0,003 m³
 - d. Toplam biriken toz hacmi = 0,196 m³





SONUÇ: Ortamda biriken tozun hacmi, limiti değeri olan 0,15 m³ değerinin üzerindedir. Dolayısıyla ikincil patlama riski taşımaktadır. Az sıklıktaki bir arızadan dolayı oluşan toz birikimi olduğu için, ancak bu arızaların sene içinde olma olasılığı yüksek olduğu için ve prosedürle kontrol edilen temizlik yapılmadığı için ortam **ZONE 22** sınıfına girmektedir.

NOT: Eğer toz birikimi az sıklıkta değil düzenli olursa, Zone sınıfı 21 olacaktır.



Fotoğraf 5 – Kömür Hazırlık Alanı Bina İçi Yüzeylerde Aşırı Toz Birikimi Örnekleri



Fotoğraf 6 – Yüzeyde Toz Birikimi Derinliği Ölçümü (2 cm)



Fotoğraf 7 – Elektrikli Ekipmanlar Üzeri Aşırı Kömür Tozu Birikimi Örnekleri (İkincil Patlama Risklerini Tetikleyecek Durumlar)

Bu çalışma kapsamında tipik bir çimento üretim fabrikalarındaki katı yakıt hazırlık ve transfer alanlarındaki yüzeylerde ve de ekipmanlar içinde Zone oluşumları belirlenmiş ve aşağıda yer alan Tablo 31’de verilmiştir.

NOT: Fabrika içinde EX Zone bilgilerinin işaretlerle çalışanlara bildirilmesi gerekmektedir.



Şekil 13 – Toz Patlama Riskli Alanlarda Uyarı Örneği



Şekil 14 – Ekipmanlar Üzerinde Uyarı Etiketi

NOT: Yapılacak incelemelerde yüzeylerde aşırı toz birikimi ve ekipmanlardan toz kaçakları görülürse bu ortamlar Zone 22 ve aşırı durumlarda Zone 21 ortam yaratacaktır. Fabrika içinde uygulanacak sistematik toz temizlik, transfer noktalarında tozsuzlaştırma ve düzenli bakım programları ile bu bölgeler ZONE kapsamı dışına çıkartılabilir.





5.2.1 Kömür Hazırlık ve ATY Tesislerindeki ZONE Durumları

Yukarıdaki prosedürler kullanılarak, tipik bir çimento fabrikalarında bulunan kömür hazırlık, öğütme ve transfer hatları ile ATY hazırlık ve transfer hatlarının bulunduğu, linyit ve petrokok işleyen bir tesisteki ZONE durumları aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Ancak tesisteki ekipmanın türü, yaşı, temizlik sıklığı ve etkinliği gibi değişkenlere bağlı olarak zone sınıfları değişkenlik gösterebilecektir.

İncelenen Yer	Tip	Ekipman / Yüzey	Bina İçi Toz İkincil Patlama veya Flash Yangın Riski Evet/Hayır	Ekipman İçinde Toz Konsantrasyonu Sonuçları g/m ³	ZONE Sınıfı	Toz Birikimi Olan Yerler	Zone oluşum notları	Diğer Notlar
Açık Stok, ham kömür	Açık alan	Ham kömür stok alanı, açık alan	-		DIŞI	Açık alanlar Zone sınıfı dışındadır		
Yer altı konveyör kati	Bina	Kömür boşaltma kaburu ve konveyörlerin olduğu yer altı kati	EVET		22	Transfer noktası etrafında 1,5 cm birikim ve konveyör altı birikim	Toplam 12 m ² alanda toz birikimi	Holler içinde düzenli temizlik prosedürü yok. Eğer vardiya içinde tozlar temizlenirse Zone dışı kalır
Yer altı konveyör kati	Jet Filtre	Konveyör transfer noktası tozsuzlaştırma		>500	20	Kirli hava hacminde hava püskürtme sırasında toz oluşumu	Filtre yüzeyinde 0,1 mm toz birikimi	Jet filtre temiz hava bölümü Zone 22

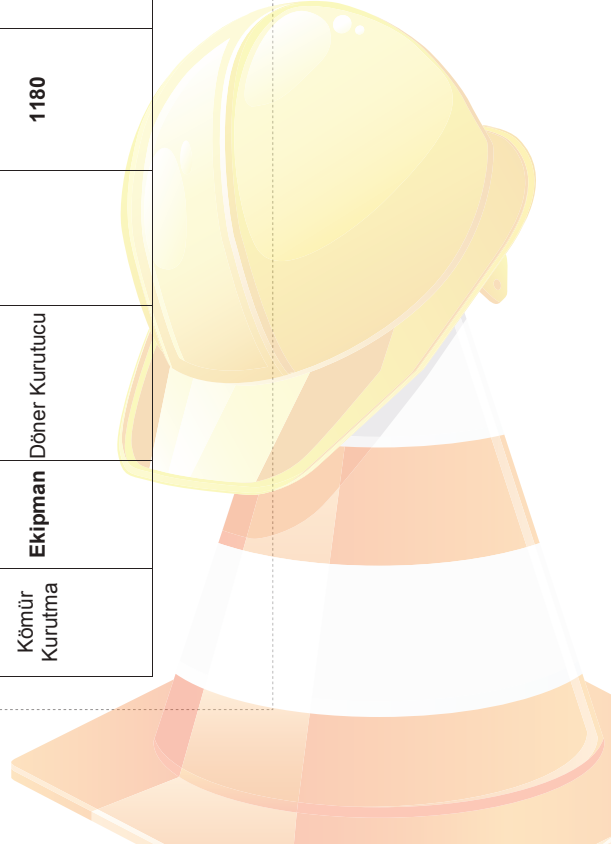
Yer altı konveyör katı	Jet Filtre	Bakım kapağı etrafı 1m alan			21	Kirli hava kısmına açılan bakım kapaklarının etrafındaki 1 m alan	Yeniden başlatma veya filtre tıkanmasında toz miktarı artabilir	Güvenli toz miktarı olan 31g/m ³ ün üzerine az sıklıkta çıkabilir
Yer altı konveyör katı	Jet Filtre	Kirli toz giriş borusu, DN400	10	22	22	Transfer noktası kaçaklarını toplar. Hava debisi 5000 m ³ /saat	Yeniden başlatma veya filtre tıkanmasında toz miktarı artabilir	Güvenli toz miktarı olan 31g/m ³ ün üzerine az sıklıkta çıkabilir
Köprü/Hol	Ekipman	Konveyör bantları (üzeri açık) transfer noktaları	>MEC	22	22	Transfer noktası kaçakları	Tozsuzlaştırma olmayan bölgeler ve az temizlik	Konveyör bantının olduğu hol/köprü kapalı ortam
Köprü/Hol	Bina	Ham kömür konveyör bantlarının geçtiği köprü/hol	EVET	22	22	Köprü genelinde ve ağırlıklı bant altı 4mm toz birikimi mevcut	Toz birikimi 40 m ² lik alanı kalıyor	Düzenli temizlik prosedürü yok. Eğer toz kaçakları engellenirse veya planlı temizlikle ortam ZONE dışı kalır.
Stokhol	Jet Filtre	Stokhol içi konveyör transfer noktası tozsuzlaştırma	>500	20	20	Kirli hava hacminde hava püskürtme sırasında toz oluşumu	filtre yüzeyinde 0,1 mm toz birikimi	Jet filtre temiz hava bölümü Zone 22





Stokhol	Jet Filtre	Bakım kapağı etrafı 1 m alan				Kirli hava kısmına açılan bakım kapaklarının etrafındaki 1 m alan			7.000 tonluk kapalı kömür stok alanı ve hareketli besleme. Dökme sırasında atomize su püskürtme yapılıyor. Ürün beton depo alanlarına yükleniyor
Stokhol	Bina	Kömür depolandığı geniş kapalı stok alanı	EVET	22	22	Kömürün stoklandığı bölümlerin etrafında toz birikimi. Yaklaşık toplam alanın %5'i toz ile kaplı	Bina içindeki ekipman üzerlerinde ve bunker dışı yüzeylerde 0,5 cm toz birikimi.		
Silo, ham kömür	Silo	Ham Linyit silosu, 50 m ³	>MEC	21	21	Ham kömürün %4'ü toz sınıfında	Günde 6 saat üzeri dolduruluyor	Toz miktarı az	
Silo, ham kömür	Silo	Ham Linyit silosu, 50 m ³ (yeterli havalandırma mevcut değil)		0	0	Silo üzeri tozsuzlaştırma olmadığı için silo içi yeterli havalandırma yok	Metan Gazı birikimi olası (yüksek uçucu yakıt)		
Silo, ham kömür	Silo	Linyit silosu Bakım kapağı etrafı 1 m alan		22	22	Bakım kapağı etrafındaki alan	1 metrelik alan		

Silo, ham kömür	Silo	Ham Petkok silosu, 50 m ³			21	Ham kömürün %4'ü toz sınıfında	Günde 6 saat üzeri dolduruluyor	Metan gazı birikimi petkok için geçerli değildir (düşük uçuculuk)
Silo, ham kömür	Silo	Petkok silosu Bakım kapağı etrafı 1 m alan			22	Bakım kapağı etrafındaki alan	1 metrelik alan	
Silo, ham kömür	Ekipman	Zincirli konveyör (silo altı) ve boşaltma şutu		242	22	Sızdırmaz ekipman	Transfer sırasında bant yüzeyi üzerindeki biriken toz havalanır	Şütün tıkanmasında veya acil duruş/başlangıçta arda oluşması beklenir
Kömür Kurutma	Ekipman	Kovalı elevatör		50-80	21	Ham kömürün %4'ü toz sınıfında	Sadece kafa ve ayak kısımlarında toz oluşumu mümkün	Tıkanma, duruş/başlama durumlarında toz oluşumu artacaktır. Kafa ve ayak kısmında tozsuzlaştırma kullanılırsa Zone 22 olacaktır
Kömür Kurutma	Ekipman	Döner Kurutucu		1180	21	Ham kömürün %4'ü toz sınıfında	Dönme etkisiyle toz sınıfındaki malzeme düzenli olarak havada dağılır	Malzemenin kurutucu içinde kalış süresi 20 dakika ve bu sürede toz miktarı 100 kg. Ortam oksijen miktarı normal durumda %5-7





Kömür Kurutma	Bina	Elevatör binası	EYET		22	Elevatöre transfer noktasında toz kaçıkları ve bina yüzeyi 1-1,5 cm birikim	Elevatör besleme konveyöründe kaçıkları, Bina içi yaklaşık 20 m ² içinde toz birikimi mevcut	Ayak ve kafada tozlaşımın veya planlı temizlikle ilgili Zone dışına çıkabilir
Öğütme	Ekipman	Dikey Değirmen ve boru bağlantısı		100-250	21	Parçalama sırasında oluşan toz bulutu ve besleme havası yüksek konsantrasyonda toz oluşur	Öğütücü içi ve tozlaşımın borusu içi	Normal şartlarda toz oluşumu beklenir ancak ortam oksijen oranı %5-7 arası düşüktür
Öğütme	Ekipman	Statik seperatör		100-250	21	Öğütülen tozları taşıdığı hat üzerinde aynı akış hızında	Seperatör içi	Normal şartlarda toz oluşumu beklenir ancak ortam oksijen oranı %10 ve altında düşük tutulmaktadır
Öğütme	Ekipman	Toz Toplayıcı Jet Filtre (kirlenmiş hava hacmi)		1,260	21	1658 m ² toplam filtre yüzeyinin üzerinde 0,1mm toz birikimi	Filtrede her hava püskürtme sırasında filtrede biriken toz kirlenmiş hacimde dağılır	Normal şartlarda toz oluşumu beklenmez, Anormal durumlarda oluşur
Öğütme	Ekipman	Toz Toplayıcı Jet Filtre (temiz hava hacmi)		MEC	22		Filtre torbası kaçıkları veya yangın/patlama sonrası	

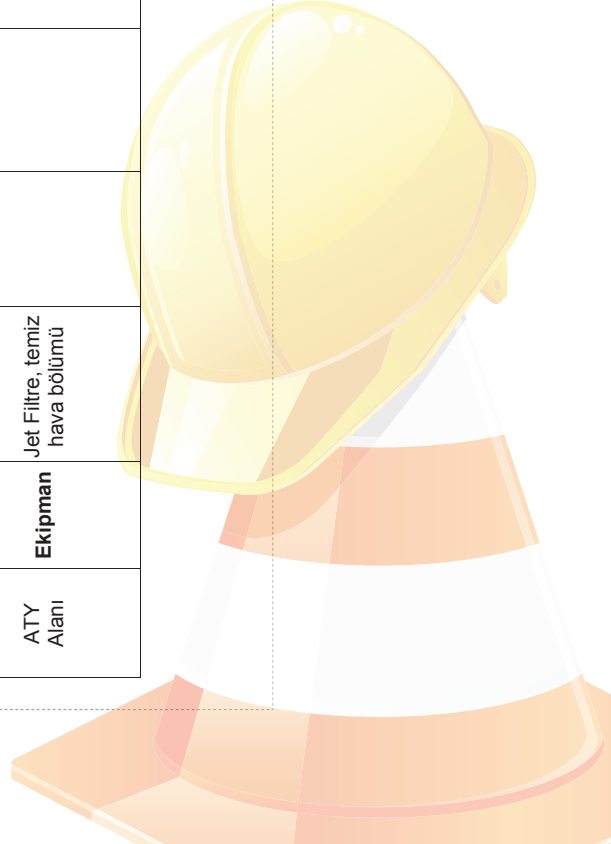
Öğütme	Bina	Öğütme Binası ve asma katları	EVET		22	Toz kömür silosu boşaltma hava kilidi kaçağından dolayı toz birikimi	Anormal durumlarda mevcut	Planlı temizlik ve bakım planı ile Zone dışına çıkabilir
Silo ve dozajlama bunkeri, toz kömür	Ekipman	Toz kömür besleme helezonu	MEC	22	hesaplanan rotasyon hızı v 1,1 m/sn	Tıkanma veya yeniden başlama durumlarında olası. Malzemenin sadece %4'ü toz	Teğetsel dönüş hızı $1 < v < 10$ m/s: Alev kaynakları muhtemel ve normal çalışmada MEC değerini geçme olasılığı mevcut	
Silo ve dozajlama bunkeri, toz kömür	Ekipman	Linyit silosu	MEC	20	Doldurma sırasında toz oluşumu	Günde 6 saat üzeri dolduruluyor	Malzemenin tamamı toz sınıfında	
Silo ve dozajlama bunkeri, toz kömür	Ekipman	Linyit silosu	LEL	0	Silo içinde bekleyen linyitin Metan gazı salınımı yapması mümkün	Silo üzerinde yeterli havalandırma (12 devir/saat) yok	Silo üzeri tozsuzlaştırma yok. Olduğu takdirde yeterli havalandırma sağlanır	





Silo ve dozajlama bunkeri, toz kömür	Ekipman	Petrokok Silosu		MEC	20	Doldurma sırasında toz oluşumu	Günde 6 saat üzeri dolduruluyor	Malzemenin tamamı toz sınıfında. Metan salınımı petrokokdan oluşmaz
Silo ve dozajlama bunkeri, toz kömür	Ekipman	Silo altı zincirli konveyör						
Silo ve dozajlama bunkeri, toz kömür	Ekipman	Toz kömür pnömatik taşıma boru hattı		1,600-2,400	20	Toz kömürün yoğun olarak burübre taşıdığı hat	DN200 boru içi	
ATY Alanı	Bina	ATY üretim alanı	EVET		22	Üretim hatlarının etrafındaki alan. Toplam alanın %25'ini kapsar	Yüzeyler, ekipman üzeri ve kriş ve boruların üzerlerinde 2-3 cm arası birikim	Toz kaçakları sistemden oluşuyor. Transfer hatlarında tozsuzlaştırma yok. Yapılırsa Zone sınıfı dışına çıkabilir
ATY Alanı	Ekipman	Parçalayıcı öğütme haznesi (birincil ve ikincil)		>2,500	20	Toplam parçacıkların %5'i toz sınıfında	Öğütme haznesi iç hacmi	
ATY Alanı	Ekipman	Birincil Parçalayıcı besleme haznesi			22	Açıktağızlı besleme	Bina içi ortam sınıflandırılması geçerli	

ATY Alanı	Ekipman	İkincil Parçalayıcı besleme haznesi			1,300	20	Kapalı hacim	Konveyör hattından transfer noktası	Normal şartlarda oluşması mümkün. Ancak senede 1.000 saat altında
ATY Alanı	Ekipman	Kapalı konveyör hatları		190	21	Transfer noktalarında 1 m ² alanda 1 mm birikim	Transfer noktası ve etrafı	Altan verilen hava ile hafif parçacıklar ayrıştırılır. Toz bulutu oluşması mümkün	Normal şartlarda oluşması mümkün. Ancak senede 1.000 saat altında
ATY Alanı	Ekipman	Drum seperatör		40-60	21	Ekipmanın iç hacmi	Bakım kapağı etrafındaki alan	Bakım kapağı etrafındaki 1 metrelik alanı kapsar	Ancak bakım veya temizlik sırasında
ATY Alanı	Alan	Drum seperatör		22					
ATY Alanı	Ekipman	Jet Filtre, kirliliği hava bölümü		660	20	50m ² toplam filtre yüzeyinin üzerinde 1 mm toz birikimi	Filtrede her hava püskürtme sırasında filtrede biriken toz kirliliği hacimde dağılır	Normal şartlarda toz oluşumu beklenir	
ATY Alanı	Ekipman	Jet Filtre, temiz hava bölümü		22			Filtre torbası kaçıkları veya yangın/patlama sonrası	Normal şartlarda toz oluşumu beklenmez. Anormal durumlarda oluşur	





ATY Alanı	Ekipman	ATY Silosu			21	Silo besleme sırasında malzemenin içine karışık tozun silo içinde havada dağılımı	3 adet silo var. Her silo günde 8 saat doldurulmakta	Malzemenin sadece %5'i toz
-----------	----------------	------------	--	--	-----------	---	---	----------------------------

Tablo 31 – Tipik Bir Çimento Fabrikasında Kömür ve ATY Tesisinde Olası ZONE Sınıfları

5.3 Kömür ve ATY Proseslerindeki Potansiyel Alev Kaynaklarının Belirlenmesi

Yapılacak risk analizinde toz patlamasına sebebiyet verebilecek potansiyel alev kaynaklarının etkinliği (alevlendirme enerjisi ve parlayıcı tozunu alevlendirme olasılığı) ve ortamda bulunma olasılıkları değerlendirilmelidir. Ortamda birçok farklı alev kaynağı olması mümkündür ve hepsinin %100 tahmini mümkün değildir. Risk analizi kapsamında uluslararası standartlarca kabul edilen EN1127 standardında belirtilen alev kaynakları ve bunları belirleme formu analiz kapsamındaki prosesler için örnek olarak verilmiştir. EN1127'nin²⁰ alev kaynakları tipik bir kömür hazırlık ve öğütme ve ATY proseslerinde olası kaynakları kapsamaktadır. Kılavuzda kullanılan bilgiler tipik tesisler için verilmiştir. Fabrikadan fabrikaya farklılıklar göstermesi beklenir.

Fabrika içinde kullanılan elektrikli (motorlar) ve elektronik (sensörler) ekipmanlar, eğer buldukları ZONE sınıfına uygun tasarlanmadıysa potansiyel alev kaynağı olabilirler. Bu tarz ekipmanların ATEX sertifikaları olmak durumundadır ve patlamadan korunma dokümanı hazırlarken bunlar rapora eklenmelidir. Aşağıda, kömür ve ATY tozları düşünülerek hazırlanmış, çimento fabrikaları içinde bulunan farklı ZONE sınıflarında olması gereken elektrikli ekipmanların uyması gereken ATEX izinleri belirtilmiştir. Fabrikalar içinde yeni alınması gereken veya revize edilmesi gereken ekipmanlar için buldukları ZONE sınıflarına göre aşağıdaki spekler kullanılabilir.

Zone Sınıfı	İhtiyaç Duyulan ATEX İzinleri	Min. Korunma Seviyesi	Min. Korunma Tipi
YOK	Standart ekipmanlar kullanılabilir	-	-
ZONE 20	EX II 1D T3-6, Kategori 1 (çok yüksek güvenlik)	Da	İa
ZONE 21	EXII 2D T3-6, Kategori 2 (yüksek güvenlik)	Db	İb
ZONE 22	EXII 3D T3-6, Kategori 3 (normal güvenlik)	Dc	İc

Tablo 32 – Çimento sektöründe kullanılan elektrikli ekipmanlar için olması gereken ATEX izinleri

Alev kaynakları, incelenen prosesler için kömür stok/öğütme ve ATY hazırlık proseslerini kapsamaktadır. EN1127 formatındaki standart alev kaynağı belirleme ve kayıt formu kullanılarak hazırlanan örnekler bu bölümde sunulmuştur. Boş alev kaynakları formu Ek-3'te verilmiştir.

²⁰ EN 1127-1:2011, Explosive atmospheres. Explosion prevention and protection basic concepts and methodology.



5.3.1 Kömür Stok ve Öğütme Prosesleri Alev Kaynakları

Ham ve öğütülmüş kömürün depolanması, ham malzeme stok alanı, ham malzeme besleme alanı, transfer bant konveyörleri, lokal tozsuzlaştırma (transfer noktaları) öğütme, ayrıştırma, jet filtreler, kurutma, elevator taşıma, pnömatik taşıma bu proseslere dahildir.

Alev kaynakları risk analizi sonuçları aşağıda listelenmiştir.

OLASI ALEV KAYNAKLARI (EN1127-1)	EFEKTİF KAYNAK? (EVET/HAYIR)	PROSES İÇİN ETKİLİ BİR KAYNAK MI?
Sıcak Yüzeyle	EVET	<ol style="list-style-type: none">1) HAYIR. Ham kömür alanlarında sıcak prosesler yoktur.2) EVET. Özellikle döner kurutma, öğütme, kurutma sonrası ham kömür bunkerleri ve öğütme sonrası toz kömür silolarının bulunduğu ortamlarda yüksek sıcaklıkta prosesler mevcuttur. Sıcaklıklar kömür tozunun AIT değerlerinin altında olsa da, anormal durumlarda veya toz birikimin olduğu durumlarda bu tarz yüksek sıcaklıklar alevlenmeye sebep olabilir.
Alev ve sıcak gazlar (aşırı ısınmış parçalar dahil, araçlar)	EVET	<ol style="list-style-type: none">1) EVET. Bant konveyör rulmanlarında aşırı ısınma. Özellikle transfer noktalarına yakın rulmanlar üzerinde aşırı toz birikimi olan yerlerde ve ısı transferi engellendiği için aşırı ısınma kolaylaşacaktır. Bu noktalarda toz kaçakları ve bulutları olası olduğu için bunların alev alması mümkündür veya aşırı ısınmış kömür parçalarının devamındaki ekipmanlara geçmesi mümkündür (elevatorler gibi).2) HAYIR. Fabrika içinde sigara içme yasağı vardır.3) EVET. Toz birikiminin olduğu ortamda veya makinelerde bakım amaçlı kesme veya kaynak işleri tozların alevlenmesine sebep olabilir. Bakım sırasında toz kalkma ihtimali her zaman vardır. Fabrika içinde toz patlama risklerinin de içeren Isıl İşlem İzinleri ve yazılı temizlik prosedürleri olmadığı için bakım veya onarım zamanlarında bu risk mevcuttur.4) EVET. Transfer hatları tozsuzlaştırma ünitelerinde oluşacak bir toz patlaması, toz toplayıcı giriş borularından konveyör bantlarına ve oradan bina içindeki alanlara geçerek ikincil patlamalara sebep olabilir. Ham kömür transfer noktalarında kullanılan jet filtreler üzerinde patlama kapakları yoktur ve bağlantılı boru elemanları konveyörlere

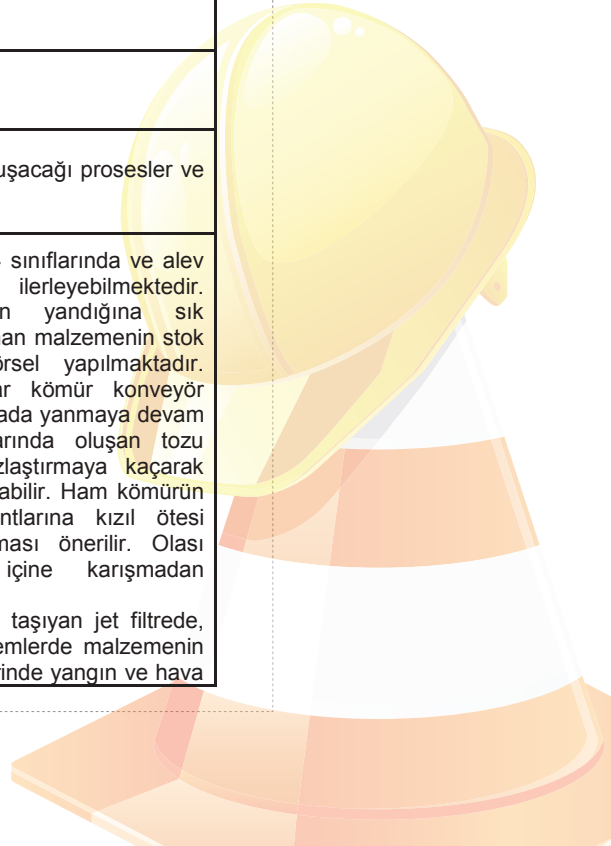
		<p>açılmaktadır. Olası patlama filtreden yayılacaktır.</p> <p>5) EVET. İçten yanan kömürün transfer konveyör hatlarından silolara kaçması mümkündür.</p> <p>6) EVET. Bağlantılı üretim alanlarında oluşacak bir patlama, etraftaki toz birikiminden dolayı ikincil patlamalarla silo bölümüne bağlantı köprü ve tünellerinden yayılabilir ve silo bölümlerinde toz patlama riskleri doğurur.</p> <p>7) EVET. Silo tozsuzlaştırma ünitelerinde oluşacak bir toz patlaması, toz toplayıcı giriş borularından bağlantılı olduğu silolara ve helezonlara geri döner ve bu bölgelerde toz patlamasına sebep olabilir. Silo üzerinde tozsuzlaştırma ünitelerinde patlama kapakları vardır. Ancak patlama izolasyon mekanizmaları eksiktir.</p>
<p>Mekanik oluşan kıvılcım kaynakları (NFPA 654)</p>	<p>EVET</p>	<p>1) EVET. Ham kömürü yer altı konveyörlerine aktarıldığı bölgede ve de silo boşaltmada zincirli konveyörler kullanılmaktadır. Bunlar ekipman metal yüzeylerine çarpabilirler ve kıvılcım oluşabilir.</p> <p>2) EVET. Kurutucu çıkışı elevatörün kayışının kayması ile kovalar çeperlere çarpıp alevlenme yapabilirler.</p> <p>3) EVET. Zincirli konveyörlerin aşırı yüklenmeden metal yüzeye sürtünmesinden alev kaynağı oluşabilir.</p> <p>4) EVET. Elevatörlerin ayak ve kafa kısmındaki rulmanların aşırı ısınmasından dolayı içinde oluşan toz bulutunu alevlendirme riski vardır.</p> <p>5) Öğütücü içinde O₂ miktarı aniden arttığında oluşması mümkündür. Burada oluşacak patlama bağlantılı ekipmanlar'a yayılacaktır.</p> <p>6) EVET. Bakım ve onarım çalışmalarında şu anda iş izni ve ısı işlem izinleri kullanılmadığı için çarpmalardan dolayı potansiyel kıvılcım kaynakları mevcuttur. Bu kaynaklar kömür tozunu alevlendirme riski taşımaktadırlar.</p>
<p>Elektrikli Ekipman veya Elektrik Kaynakları</p>	<p>EVET</p>	<p>1) EVET. Sistem içinde ATEX uyumu olmayan elektrikli ekipman, aydınlatma ve motorlar mevcut. Bunlar potansiyel alev kaynaklarıdır.</p> <p>2) EVET. Yer altı konveyör katında bulunan ve öğütme odasında kullanılan elektrik kontrol panoları Zone ortamı için uygun değildir. Zone 22'ye uygun kutular gerekir. Potansiyel alev kaynağı olabilir.</p>



Yabancı Maddeler (ekipman içine kaçan metal ve yabancı parçalar)		<ol style="list-style-type: none">1) HAYIR. Sistem içinde metal tutucular konveyör bantları üzerinde farklı bölgelerde kullanılmaktadırlar.2) HAYIR. Sigara yasakları tesis içinde vardır ve düzenli kontrol edilmektedir.3) EVET. Gelen kömürün içine karışmış sert kaya veya benzer malzemenin öğütücü içine kaçması ve sistemde O₂ oranının yüksek olduğu yeni başlama durumlarında alev kaynağı oluşturmaması.
Kontrolsüz Elektrik Akımları, katodik korozyon koruması (sıvılar için)	HAYIR	
Statik Elektrik		
Korona Boşalımı	HAYIR	
Brush Boşalımı	HAYIR	
Propogating Brush Boşalımı	EVET	<ol style="list-style-type: none">1) HAYIR. Propagating brush kıvılcımları yalıtkan borular veya ekipmanlar ve iletken bölgeler arasındaki transferlerde olabilir. Propagating brush boşalımında 100-1000 mJ arası enerji boşalımı²¹ mümkündür ve bu kömür tozunun MIE değerinden yüksek olduğu için potansiyel alev kaynağıdır. Ancak fabrika içinde tüm bağlantılı ekipmanlar üzerinde topraklama ve bonding bağlantıları mevcuttur ve bakım sırasında kontrol edilmektedir.2) EVET. Jet filtrelerin torba kafeslerinin topraklamaları eksiktir. Anormal durumlarda jet filtre içinde alevlenme yapabilir.
Bulking Brush (Cone) Boşalımı	HAYIR	HAYIR. Çapı 1 metreden büyük hacimler içine doldurulan yalıtkan tozların bunker veya silo içlerinde, konik şeklindeki üst kısımlarında olma olasılığı vardır. Ancak literatürde bu tarz boşalımda ortaya çıkacak efektrif enerjinin 20 mJ ve altında olması olasıdır. Kömür tozunun MIE değerinden düşük olduğu için yetersiz kalacaktır.

²¹ Britton 1999, CCPS Guidelines for Safe Handling of Powders and Bulk Solids, Bölüm 6.3.

Kıvılcım Boşalımı	EVET	<p>1) HAYIR. Elektrostatik kontrolü amaçlı topraklamalar ve ekipmanlar arasındaki bond kablo bağlantıları fabrika genelinde yeterlidir. Aynı zamanda düzenli bakımda kontrol edilmektedir.</p> <p>2) EVET. Konveyör bantları plastiktir ve kömür tozunu uzunca mesafe taşımaktadır. Konveyörlerin şut transferlerinde topraklama yapılmadığı takdirde transfer sırasında elektrostatik alevlenme oluşabilir (örnek silo besleme).</p>
Yıldırım	EVET	HAYIR. Paratoner mevcut. NOT – paratonerin düzenli bakımı yapılmalıdır.
Radyo Frekansı 10 ⁴ Hz - 3x10 ¹¹ Hz	HAYIR	
Elektromanyetik Dalgalar 3x10 ¹¹ - 10 ¹⁵ Hz arası	HAYIR	
İyonlaşma Radyasyonu	HAYIR	
Ultrasonik kaynaklar	HAYIR	
Adiyabatik Sıkışma ve Şok Dalgası	EVET	HAYIR. Adiyabatik sıkışmanın oluşacağı prosesler ve reaksiyonlar proses içinde yoktur.
Ekzotermik Reaksiyon ve tozun kendinden yanması	EVET	<p>1) EVET. Kömür tozu BZ3-4 sınıflarında ve alev aldıktan sonra yanarak ilerleyebilmektedir. Kömür tozlarının içten yandığına sık rastlanmaktadır. İçten yanan malzemenin stok alanlarında kontrolü görsel yapılmaktadır. Ancak yanan bir miktar kömür konveyör bantlarına geçerse ve burada yanmaya devam ederse, transfer noktalarında oluşan tozu alevleyebilir veya tozsuzlaştırmaya kaçarak toz patlamasına sebep olabilir. Ham kömürün beslendiği konveyör bantlarına kızıl ötesi sıcaklık ölçümleri yapılması önerilir. Olası alevlenmeler, sistem içine karışmadan engellenebilir.</p> <p>2) EVET. Öğütülmüş kömür taşıyan jet filtrede, O₂ miktarının arttığı dönemlerde malzemenin içten yanarak filtre hopperinde yangın ve hava</p>





		püskürtme sırasında patlama yaratması mümkündür. Olası patlama buradan bağlantılı ekipmanlara yayılacaktır.
--	--	---

Tablo 33– Ham Kömür Stok ve Transfer Sistemleri Alev Kaynakları (EN 1127-1)

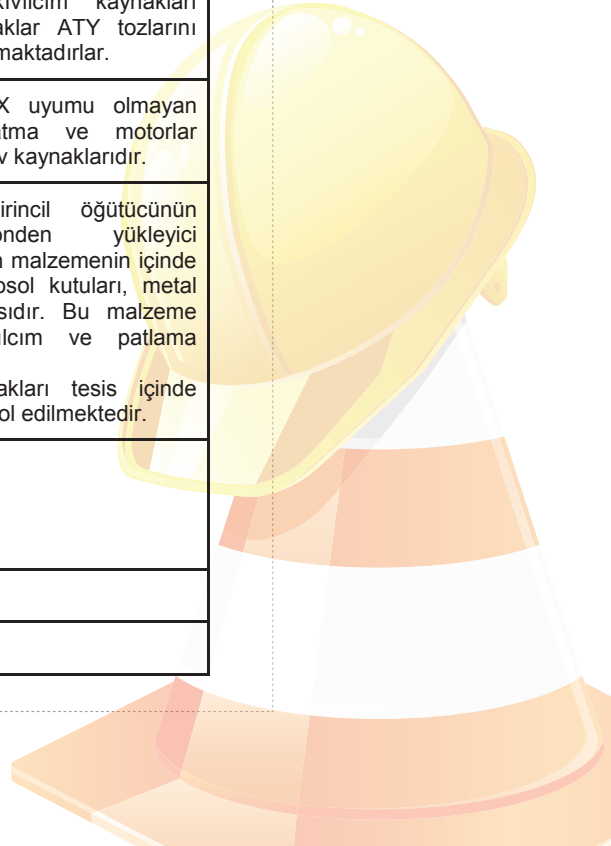
5.3.2 ATY Hazırlık Prosesleri Alev Kaynakları

ATY prosesleri öğütme, konveyör taşıma (bantlı ve zincirli), depolama, tozsuzlaştırma, ayırıştırma (seperatör) ve pnömatik taşıma proseslerini içermektedir. Kömür işleme proseslerine benzerlik gösterebilir, bu proseslerde inert ortamda çalışma yapılmamaktadır.

Alev kaynakları risk analizi sonuçları aşağıda listelenmiştir.

OLASI ALEV KAYNAKLARI (EN1127-1)	EFEKTİF KAYNAK? (EVET/HAYIR)	PROSES İÇİN ETKİLİ BİR KAYNAK MI?
Sıcak Yüzeyler	EVET	HAYIR. ATY işleme alanlarında sıcak prosesler yoktur.
Alev ve sıcak gazlar (aşırı ısınmış parçalar dahil, araçlar)	EVET	<ol style="list-style-type: none">1) EVET. Bant konveyör rulmanlarında aşırı ısınma. Özellikle transfer noktalarına yakın rulmanlar üzerinde aşırı toz birikimi olan yerlerde ve ısı transferi engellendiği için aşırı ısınma kolaylaştırıcaktır. Bu noktalarda toz kaçakları ve bulutları olası olduğu için bunların alev alması mümkündür veya aşırı ısınmış kömür parçalarının devamındaki ekipmanlara geçmesi mümkündür (elevatörler gibi).2) HAYIR. Fabrika içinde sigara içme yasağı vardır.3) EVET. Toz birikiminin olduğu ortamda veya makinelerde bakım amaçlı kesme veya kaynak işleri tozların alevlenmesine sebep olabilir. Bakım sırasında toz kalkma ihtimali her zaman vardır. Fabrika içinde toz patlama risklerini de içeren Isıl İşlem İzinleri ve yazılı temizlik prosedürleri eksik olduğu için bakım veya onarım zamanlarında bu risk mevcuttur.4) EVET. Seperatöre bağlı jet filtrede olası toz patlaması, toz toplayıcı giriş borularından seperatör iç hacmine ve oradan kapalı konveyör bantlarına ve oradan silolara ve bina içindeki alanlara geçerek ikincil patlamalara sebep olabilir. Kullanılan jet filtreler üzerinde patlama

		<p>kapağı vardır ancak bağlantılı boru elemanları üzerinde patlama izolasyonu yapacak mekanizma yoktur.</p> <p>5) EVET. Öğütücülerden kaçacak kıvılcımlar kapalı konveyör hatlarına kaçabilir ve patlamalara sebep olabilir. Bu hatlar üzerinde kıvılcım algılayacak ve söndürecek sistemler yoktur.</p> <p>6) EVET. Ortamda toz kaçakları olduğundan Zone uyumu olmayan front-end loader araçlarının egzozları etraftaki malzemeleri tutuşturabilir.</p>
Mekanik oluşan kıvılcım kaynakları (NFPA 654)	EVET	<p>1) EVET. Sistem içinde ATY yakıtların siloya taşındığı durumlarda zincirli konveyörler kullanılmaktadır. Zincirler ekipman metal yüzeylerine sürttüğü durumlarda kıvılcım oluşabilir.</p> <p>2) EVET. Öğütücü/kesici bıçakların işlem sırasında kıvılcım yaratması mümkündür.</p> <p>3) EVET. Bakım ve onarım çalışmalarında patlama ve yangın risklerini içeren iş izni ve ısıtma işlem izinleri kullanılmadığı için kesme veya kaynak tarzı işlemlerden dolayı potansiyel kıvılcım kaynakları mevcuttur. Bu kaynaklar ATY tozlarını alevlendirme riski taşımaktadırlar.</p>
Elektrikli Ekipman veya Elektrik Kaynakları	EVET	EVET. Sistem içinde ATEX uyumu olmayan elektrikli ekipman, aydınlatma ve motorlar mevcut. Bunlar potansiyel alev kaynaklarıdır.
Yabancı Maddeler (ekipman içine kaçan metal ve yabancı parçalar)		<p>1) EVET. Özellikle birincil öğütücünün beslenmesinde önden yükleyici kullanıldığından alınan malzemenin içinde yabancı madde (aerosol kutuları, metal parçalar) olması olasıdır. Bu malzeme öğütücü içinde kıvılcım ve patlama yaratabilir.</p> <p>2) HAYIR. Sigara yasakları tesis içinde vardır ve düzenli kontrol edilmektedir.</p>
KontROLSÜZ Elektrik Akımları, katodik korozyon koruması (sıvılar için)	HAYIR	
Statik Elektrik		
Korona Boşalımı	HAYIR	





Brush Boşalımı	HAYIR	
Propogating Brush Boşalımı	EVET	<p>1) EVET. Propagating brush kıvılcımları yalıtkan borular veya ekipmanlar ve iletken bölgeler arasındaki transferlerde olabilir. Propagating brush boşalımında 100-1000 mJ arası enerji boşalımı²² mümkündür ve bu ATY tozunun MIE değerinden yüksek olduğu için potansiyel alev kaynağıdır. Fabrika içinde bazı bağlantılı ekipmanlar üzerinde topraklama ve bonding bağlantıları eksiktir ve bu durum alev kaynağı yaratabilir.</p> <p>2) EVET. Jet filtrelerin torba kafeslerinin topraklamaları eksiktir. Anormal durumlarda jet filtre içinde alevlenme yapabilir.</p>
Bulking Brush (Cone) Boşalımı	HAYIR	<p>HAYIR. Çapı 1 metreden büyük hacimler içine doldurulan yalıtkan tozların bunker veya silo içlerinde, konik şeklindeki üst kısımlarında olma olasılığı vardır. Ancak literatürde bu tarz boşalımda ortaya çıkacak efektif enerjinin 20 mJ ve altında olması olasıdır. ATY tozunun MIE değerinden düşük olduğu için yetersiz kalacaktır.</p>
Kıvılcım Boşalımı	EVET	<p>1) EVET. Elektrostatik kontrolü amaçlı topraklamalar ve ekipmanlar arasındaki bond kablo bağlantıları tesis içinde eksiktir.</p> <p>2) EVET. Konveyör bantları plastiktir ve ATY karışık malzemesini uzunca mesafe taşımaktadır. Bu proses içinde elektrostatik yüklenme mümkündür. Konveyörlerin şut transferlerinde topraklama yapılmadığı takdirde transfer sırasında elektrostatik alevlenme oluşabilir.</p>
Yıldırım	EVET	<p>HAYIR. Paratoner mevcut. NOT – Paratonerin düzenli bakımı yapılmalıdır.</p>
Radyo Frekansı 10 ⁴ Hz - 3x10 ¹¹ Hz	HAYIR	
Elektromanyetik Dalgalar 3x10 ¹¹ -10 ¹⁵ Hz arası	HAYIR	

²² Britton 1999, CCPS Guidelines for Safe Handling of Powders and Bulk Solids, Bölüm 6.3.

İyonlaşma Radyasyonu	HAYIR	
Ultrasonik kaynaklar	HAYIR	
Adiyabatik Sıkışma ve Şok Dalgası	EVET	HAYIR. Adiyabatik sıkışmanın oluşacağı prosesler ve reaksiyonlar proses içinde yoktur.
Ekzotermik Reaksiyon ve tozun kendinden yanması	EVET	EVET. Solvent veya yağlarla karışık tekstil ürünleri ve kağıtlar hammadde olarak gelmektedir. Bu tarz maddelerin uzun süreli beklemelede içten yanma riski vardır.

Tablo 34 – ATY Hazırlık Prosesleri Alev Kaynakları (EN 1127-1)

5.4 Toz Patlamalarına Karşı Tedbirler

Toz patlamalarına karşı alınması gereken tedbirler iki ana başlık altında özetlenebilir;

- Patlamaların oluşmasını engelleyici tedbirler
- Patlamaların etkilerini azaltacak tedbirler

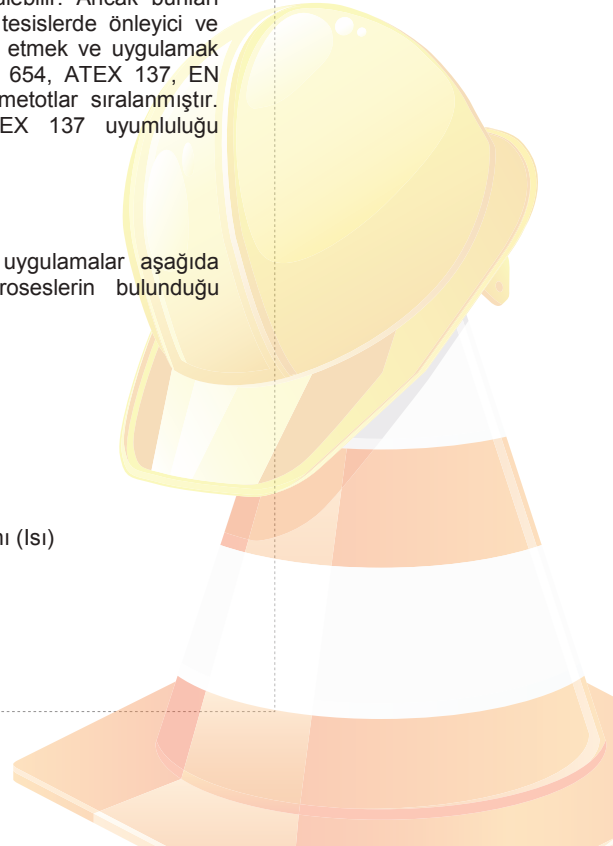
Patlamalara karşı güvenlik stratejileri genellikle bu iki metodun elemanlarını içerir. Amaç, öncelikle patlamaların oluşturacağı ortamı uzaklaştırmaktır. Patlayıcı toz oluşumunu engellemek, alev kaynaklarını ortadan kaldırmak gibi tedbirler düşünülebilir. Ancak bunları yapmak her zaman mümkün değildir. Dolayısıyla patlayıcı toz işleyen tesislerde önleyici ve engelleyici tedbirler almak ve bunları şirket içinde prosedürlerle kontrol etmek ve uygulamak gerekmektedir. Aşağıda endüstri standartları (NFPA 68, 69, NFPA 654, ATEX 137, EN 14460, EN 14797, EN 14373, EN 15089, EN ISO 16852) önerilen metotlar sıralanmıştır. Aşağıdakilerin uygun olan kombinasyonları üretim tesislerince ATEX 137 uyumluluğu çerçevesince uygulanmalıdır.

5.4.1 Patlamadan Korunma Sistem Alternatifleri

Patlama engelleme ile alakalı standartlarca belirlenen önlemler ve uygulamalar aşağıda tanımlanmıştır. Çimento fabrikalarında, kömür ve ATY işleyen proseslerin bulunduğu bölümlerde alınan tedbirler aşağıda verilmiştir.

5.4.1.1 Patlama Engelleme (Explosion Prevention) Alev Kaynakları Kontrolü

- Topraklama ve Bonding (TB)
- Kayış Kayması Kontrolü (KK)
- Rulmanlarda ve hareketli sistemlerde aşırı ısınma ölçümü ve alarmı (Isı)
- Metal Seperatörü/Sensörü (MS)
- Kıvılcım Sensörü (KS)
- Rotasyonel hızı ve/veya sistem duruş dedektörü (RH)





5.4.1.2 Prosedürel Kontroller (PK)

- Düzenli yapılan patlamadan korunma eğitimi
- Tedarikçi ve alt işveren çalışanları eğitim programı
- Fabrika içi olası ısı kaynaklarının teftiş programı
- Değişim yönetimi (management of change programı) (MOC)
- Patlayıcı alanların sınıflandırılması (Zone 0, 1, 2, 20, 21, 22)
- Isıl İşlem izinleri (hot work permit)
- Açıkta alev olmaması ve sigara yasakları
- Patlayıcı ortamlarda bulunan ekipmanlarda İş İzinleri (planlı ve plansız bakım ve onarım)

5.4.1.3 Patlama Korunma (Explosion Protection)

- İhtiva etmek (Containment) (C)
- Oksijen azaltılması (oksijen azaltılması) (OA)
- Parlayıcı tozların azaltılması (MEC)
- Patlama tahliye kapakları/ventleri (PV)
- Patlama söndürme (PS)
- Patlama izolasyonu (PI)
- Rotary Vanalar (RV)
- Flame Front Diverter Vanası (FFD)
- Hızlı kapanan gate tipi vanalar (GV)
- Kimyasal söndürme (KS)
- Flap tarzı pasif vanalar (PV)

NOT: Patlama izolasyonu, yani patlamada oluşan alevin bağlantı ekipmanlar'ı içinde ilerlemesini engelleyecek metotlar, farklı sistemler kullanarak gerçekleştirilebilir. Ancak seçilen metotların uygulamalarında bazı sınırlar vardır. Aşağıdaki tablo NFPA 69 Bölüm 9'dan alınmıştır ve bu sınırları özetlemektedir.

Sistem	Patlama İzolasyonu	Alev Kaynağı İzolasyonu	Patlama Basıncı / Akış İzolasyonu
Rotary Vana	Evet	Evet (sadece test edilmiş ve onaylanmış olanlar)	Evet
Otomatik-hızlı Kapanan Patlama Vanaları	Evet	Evet	Evet
Flame-front Diverter Vanaları	Hayır	Hayır	Evet
Flame-front Söndürme Sistemleri	Evet	Evet	Hayır

Tablo 35 - Patlama İzolasyon Seçenekleri

NOT: Çimento fabrikalarında özellikle kömür öğütme hatlarında ve bağlantılı ekipmanları (seperatör, boru hattı ve filtre) üzerindeki kirliliği hava giriş borularında Flame Front Diverter Vanaları sık olarak kullanılmaktadır. Flama-front diverter vanaları patlama izolasyonunda sadece basıncın geçişini engelleyerek basınç birikimini engeller. Bu şekilde patlamalarda oluşan yüksek basınçların (kömür tozu için 7-9 bar) bağlantılı ekipmanlara geçişini azaltarak basınç birikimini önler. Alev geçişini engellemek için %100 garantisi yoktur ve alev topunun bağlantılı ekipmanlara geçişini beklenmelidir. Dolayısıyla alevin geçtiği ekipmanda yeterli miktarda toz bulutu olduğu takdirde o ekipman içinde de yeni bir patlama başlama riski ortaya çıkar. Bu ekipmanlar üzerinde de patlama engelleme sistemleri (patlama kapakları veya söndürme) olmalıdır. Patlamaların izolasyonu için alev topu geçişini de engellemek gerekmektedir. Bunun için uygun seçenekler Tablo 35'de verilmiştir.

5.4.2 Çimento Fabrikalarında Parlayıcı Toz İşleyen Proseslerde Uygulanan Patlamadan Korunma Önlemleri

Çimento fabrikalarında kömür hatları üzerinde sistem sağlayıcı tarafından tedarik edilmiş sistemlerin bulunması olasıdır. Bunlar tipik olarak kömür öğütme tesislerinde bulunmaktadır. Ancak bu sistemleri yeterliliği, yapılan risk analizlerinde incelenerek, kalan riskler tayin edilmelidir. Tesis ziyaretlerinde karşılaşılan en büyük eksikliklerden birisi, transfer noktası tozsuzlaştırma filtrelerinde toz patlamalarına karşı güvenlik ekipmanlarının hiç olmaması (patlama kapakları yok ve patlama izolasyonu yok) ya da eksik/yanlış olmasıdır (patlama kapakları var ama izolasyon yok veya patlama kapakları bina içine açılıyor). Diğer sık karşılaşılan bir durum ise, kullanılan güvenlik sistemlerinin herhangi bir test ve onay mekanizması olmadan eklenmiş olmasıdır. Patlamalara karşı kullanılan güvenlik sistemlerinin muhakkak ATEX/NFPA normlarına uygun olarak tasarlanması ve bakım yapılması gerekmektedir. Yapılan risk analizlerinde bu durumların değerlendirilmesi gerekir.

NOT: Hazırlanan patlamadan korunma dokümanında kullanılan güvenlik sistemleri hakkındaki teknik bilgiler ekler kısmına eklenmelidir. Örneğin silo/filtreler üzerinde bulunan patlama kapaklarının tasarlandığı detaylar (tedarikçi tarafından verilmiş) ve ATEX onayları raporda sunulmalıdır.



Fotoğraf 8 – ATY Silolarında Kullanılan Patlama Kapağı Örneği ve ATEX Sertifikası

Patlama kapaklarının tasarım ölçüsü, açılacağı basınç gibi teknik detaylarının yer aldığı bir ATEX sertifikası olması gerekmektedir.

Elevatörlerin tozsuzlaştırma borularında ve toz toplayıcıların kirli hava giriş kısımlarında **flame-front diverter** patlama kapakları kullanılmıştır. Ancak bunlar patlama izolasyonu sağlamamaktadır. Dolayısıyla bu ekipmanlarda oluşacak toz patlaması, önünde engel olmadan bağlantı borularından geçerek bağlı ekipmanlara ulaşarak toz patlamaları risklerini artırmaktadırlar.



Fotoğraf 9 – Toz Kömür Jet Filtresi ve Giriş Borusunda Diverter Vana



Fotoğraf 10 – Diverter Vana (flame front diverter)

Diverter vanaları, patlamalarda ekipmanlar arası basınç birikimini azaltır, ancak alev geçişi hala mümkündür.



Fotoğraf 11 – Silo Üzeri Patlama Kapakları (Kendinden Kapanan ve Vakum Kırıcılı)²³

²³ Thorwesten Vents



Şekil 15 – ATEX Uyumlu Hava Kilitleri

Şekil 15'de, olası patlamaların bağlantılı ekipmanlara geçişini engelleyerek izolasyon sağlayan ATEX uyumlu hava kilitleri gösterilmiştir. Patlama oluştuğu anda, vananın kilitlenerek durması gerekir.



Fotoğraf 12 – Patlama İzolasyon Flap Vanası

Patlama izolasyonu flap vanası, ters taraftan gelen patlama basıncı vanayı kapatır ve patlamanın alev ve basınç geçişini engeller.



Fotoğraf 13 – Dikey Kömür Öğütücüsü Üzeri Aktif Patlama Söndürme Sistemi²⁴

NOT: Çimento fabrikalarının toz kömür filtre besleme ve çıkış borularında yangın damperi ya da hızlı damper adlı damper mekanizması kullanılmaktadır. Bu damper, olası yangın durumunda, hava/gaz akımını keserek ve inertizasyon sistemi devreye girdiğinde CO₂ gazının sistem dışına kaçışını engeller. Bu damper PATLAMA İZOLASYONU için tasarlanmamıştır. Patlama izolasyonu için sadece ATEX uyumlu, kömür tozunun parlama özelliklerine uygun (Kst değeri, Pmax deperi) ve milisaniyeler içinde kapanabilen, bu şekilde alev geçişini garantili olarak engelleyen sistemler kullanılabilir.

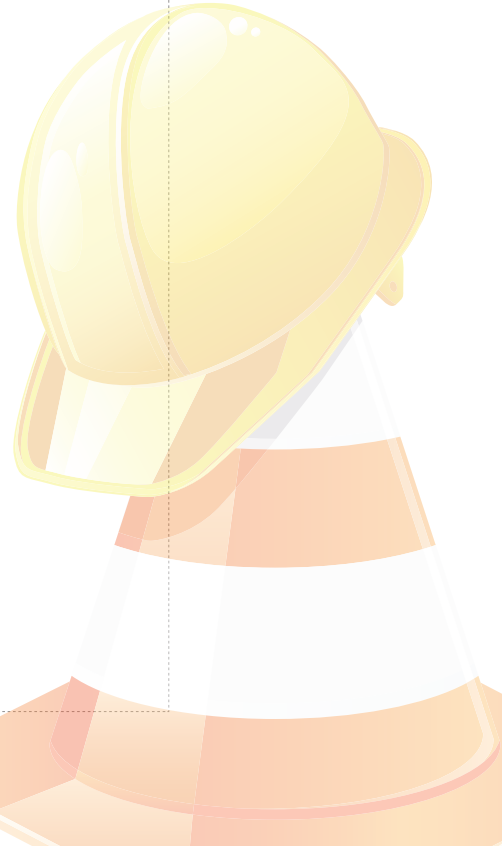
Aşağıda örnek olarak çimento, kömür ve ATY işleme tesislerinde kullanılan – şu andaki durumu gösteren patlamalara karşı güvenlik önlemlerinin listesi verilmiştir. Patlamadan korunma dokümanının parçası olarak yapılan risk analizinde şu andaki durumu belirlenmesi gerekir. Risk analizinde ortaya çıkan sonuca göre risk azaltıcı ek önlemlerin alınması gerekebilir. Kullanılan iki veya üç harfli kısaltmalar 5.4.1. numaralı bölümde açıklanmıştır.

²⁴ IEP Technologies LLC Explosion Suppression and Isolation Systems.



Patlamalara Karşı Tedbirler			Yangın Engelleyici Önlemler						
Tanım	Ekipman Kodu	Ekipman	Alev Kaynağı Kontrolü	Prosedürel	Patlamadan Korunma	Yangın Sensörü	Yangın Söndürme	CO ₂ İntertizasyon	Yangın Damperi
Açık Stok, ham kömür	Açık alan	Ham kömür stok alanı, açık alan							
Yer altı konveyör katı	Bina	Kömür boşaltma kaburu ve konveyörlerin olduğu yer altı katı		PK			X		
Yer altı konveyör katı	Jet Filtre	Konveyör transfer noktası tozsuzlaştırma							
Yer altı konveyör katı	Jet Filtre	Bakım kapağı etrafı 1m alan							
Yer altı konveyör katı	Jet Filtre	Kirli toz giriş borusu, DN400							
Köprü/Hol	Ekipman	Konveyör bantları (üzeri açık) transfer noktaları		PK			X		

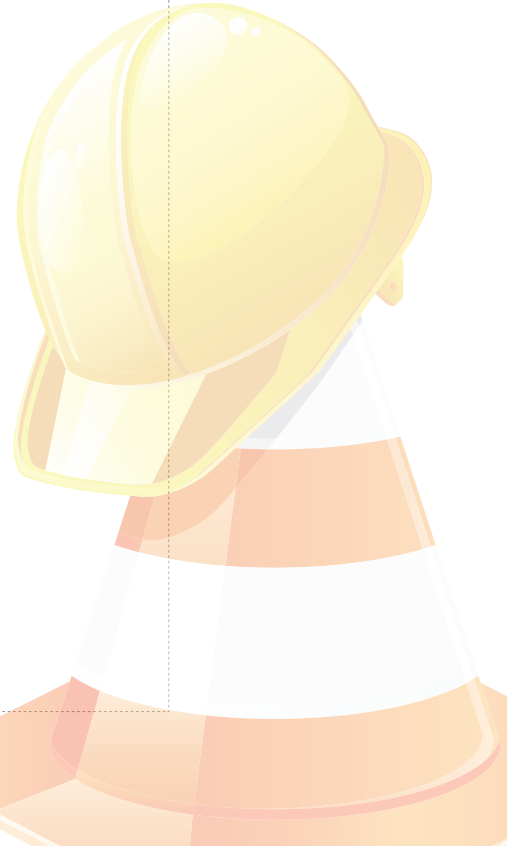
Köprü/Hol	Bina	Ham kömür konveyör bantlarının geçtiği köprü/hol	PK				
Stokhol	Bina	Kömür depolandığı geniş kapalı stok alanı			X	X	
Stokhol	Jet Filtre	Stokhol içi konveyör transfer noktası tozsuzlaştırma					
Stokhol	Jet Filtre	Bakım kapağı etrafı 1m alan					
Silo, ham kömür	Silo	Ham Linyit silosu, 50m ³				pv, OA	
Silo, ham kömür	Silo	Ham Linyit silosu, 50m ³ (yeterli havalandırma mevcut değil)					
Silo, ham kömür	Silo	Linyit silosu Bakım kapağı etrafı 1m alan					
Silo, ham kömür	Silo	Ham Petkok silosu, 50m ³				PV, OA	





Silo, ham kömür	Silo	Petkok silosu Bakım kapağı etrafı 1m alan								
Silo, ham kömür	Ekipman	Zincirli konveyör (silo altı) ve boşaltma şülü	MS, RH	PK						
Kömür Kurutma	Ekipman	Döner Kurutucu		PK					X	
Kömür Kurutma	Ekipman	Kovalı elevatör	RH	PK						
Kömür Kurutma	Bina	Elevatör binası					X	X		
Öğütme	Ekipman	Dikey Öğütücü ve boru bağlantısı		PK	PV, FFD		X	X	X	
Öğütme	Ekipman	Statik seperatör		PK	FFD				X	
Öğütme	Ekipman	Toz Toplayıcı Jet Filtre (kirli hava hacmi)		PK	PV, FFD		X	X	X	X
Öğütme	Ekipman	Toz Toplayıcı Jet Filtre (temiz hava hacmi)		PK			X	X		X
Öğütme	Bina	Öğütme Binası ve asma katları		PK			X			

Silo ve dozaajlama bunkerleri, toz kömür	Ekipman	Toz kömür besleme helezonu	RH	PK					
Silo ve dozaajlama bunkerleri, toz kömür	Ekipman	Linyit silosu		PK	PV		X		
Silo ve dozaajlama bunkerleri, toz kömür	Ekipman	Petrokok Silosu		PK	PV		X	X	
Silo ve dozaajlama bunkerleri, toz kömür	Ekipman	Silo altı zincirli konveyör	RH	PK					
Silo ve dozaajlama bunkerleri, toz kömür	Ekipman	Toz kömür pnömatik taşıma boru hattı							
ATY Alanı	Bina	ATY üretim alanı	X						
ATY Alanı	Ekipman	Parçalayıcı öğütme haznesi (birincil ve ikincil)	X				X	X	





ATY Alanı	Ekipman	Birincil Parçalayıcı besleme haznesi				X	X		
ATY Alanı	Ekipman	İkincil Parçalayıcı besleme haznesi				X			
ATY Alanı	Ekipman	Kapalı konveyör hatları				X	X		
ATY Alanı	Ekipman	Drum seperatör							
ATY Alanı	Alan	Drum seperatör							
ATY Alanı	Ekipman	Jet Filtre, kirli hava bölümü			PV				
ATY Alanı	Ekipman	Jet Filtre, temiz hava bölümü							
ATY Alanı	Ekipman	ATY Silosu							

Tablo 36 – Çimento Fabrikalarındaki Kömür ve ATY İşleme Proseslerinde Bulunan Risk Analizi Yapılan Bölümlerde Kullanılan Bazı Patlama Korunma Tedbirlerinin Risk Azaltıcı Önlemler Öncesi Hali (Current State)

6. ÇİMENTO FABRİKASI İÇİNDEKİ PARLAYICI GAZ VE BUHARLARIN BULUNDUĞU EKİPMANLAR VE ORTAMLAR İÇİN ZONE ÇALIŞMASI VE DURUM ANALİZİ

Yanıcı gazlı ortamlar için tehlikeli bölge ZONE sınıflandırılması Avrupa'da IEC 60079-10 ve İngiltere Enerji Enstitüsü IP15²⁵ standartları ve Kuzey Amerika'da NFPA 497 standartları ile belirlenmiştir. Bu standarda göre patlama riski taşıyan ortamlar, patlayıcı ortamın oluşma sıklığı ve kalma süresi göz önüne alınarak hesaplanır. Yanıcı buhar ve gazların olduğu ortamlar için ZONE sınıflandırılması ZONE 0, ZONE 1 ve ZONE 2 olarak 3'e ayrılır. Bu kriterler dışındaki alanlar için ZONE sınıfına gerek yoktur. Bölüm 5, Tablo 15'te gösterilen ZONE sınıfları ve seçilme kriterleri EN, IEC ve NFPA standartlarına göre kıyaslanarak verilmiştir.

6.1 Çimento Sektörü için Kılavuz Kapsamında İncelenen Tesisler

Bu bölüm altında Çimento Fabrikalarındaki buhar/gazların işlendiği, taşındığı ve depolandığı alanlar incelenmiştir. Patlama riski olan bölgeler düşünüldüğünde, yanıcı sıvının buharının veya gazın parlama noktasının ortam sıcaklığının altında olduğu durumlar söz konusudur. Bu durumda malzeme alevlenebilecek miktarda yanıcı gaz veya buhar oluşturacaktır ve ortamda patlama riski yaratacaktır.

Kılavuz kapsamında aşağıdaki prosesler incelenmiştir;

- Fuel oil depo alanı
- Atık yağ depo alanı
- Doğal gazın yakıldığı ısı enerjisi (buhar) üreten santraller
- Doğal gaz santrallerinde kullanılan pilot alevi sağlamak için kullanılan propan veya LPG silindirleri ve stok alanları

Doğal gaz birçok çimento fabrikasında kullanılmaktadır. Doğal gaz fabrika ana girişinin olduğu bölüm bölgesel tedarikçi tarafından kontrol ve bakım altında tutulmaktadır. Etrafı gerekli korunakla sağlanmaktadır. Buraya 17-18 bar arasında basınçla giren gaz, bir dizi kondisyoner ve regülatörlerle kullanımından sonra 3,5-4 bar arasında indirilerek fabrika içinde dağıtılır. Standart olarak korunaklı alan içinde bulunan istasyonda EX proof kontrol vanaları, IP65 deprem sensörü, akış kontrol ekipmanları ve telemetri ekipmanları mevcuttur. Korunaklı alan içinde bulunan ve yerden yüksekte 5 cm (2inch) boru ile güvenli tahliye borusu mevcuttur. Basıncı düşen gaz, bir dizi boru hattı ile fabrika içine dağılır. DN80 veya DN250'lik hatlarla ana istasyon çıkışından itibaren yer altından üretim alanına taşınmaktadır. Yer altından taşınan boru hatları API 5L Grade B spesifikasyonlarında kullanılmaktadır.

Yer altında taşınan gaz boru hatları belirli aralıklarla hattın yer altından geçiş yerini gösteren ve yer üzerine çıkış yapan metal güvenlik boruları ile işaretlenmektedir. Bu şekilde gaz hattında bakımlar gerektiğinde veya kazı işleri sırasında gaz hattına zarar verilme riski azaltılmıştır. Yer altından geçen boru hatları sızıntıya karşı PE (poly etilen kaplama) kaplanmıştır.

²⁵ Model code of safe practice Part 15: Area classification code for installations handling flammable fluids (EI 15, formerly referred to as IP 15).



6.1.1 Isı Santrali (Doğal Gaz) / Kazan Dairesi

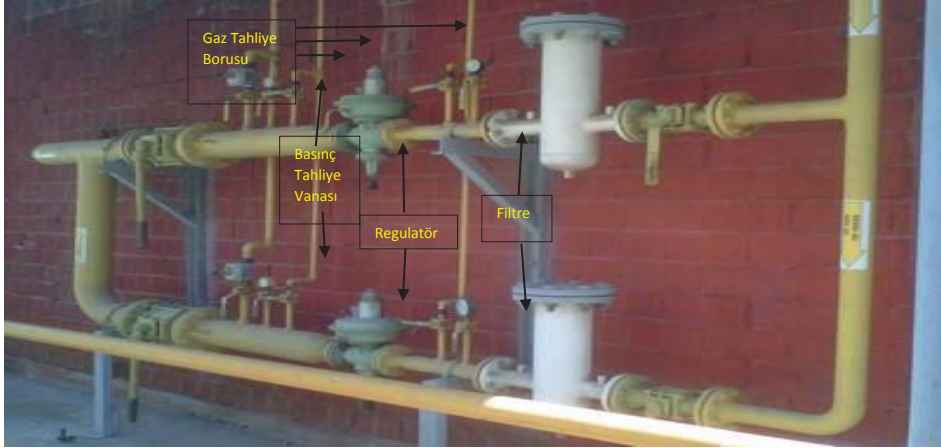
Buhar santrali tesiste farklı bölgelerde tüketilmek üzere buhar üretmektedir. Proje kapsamında ziyaret edilen bir tesiste üretilen buhar 10 ton/saat ve 200°C olmaktadır. Bu tesisin dışındaki doğal gaz regülatörleri vasıtası ile 3,5bar da DN65 boru ile gelen gaz, kazan sisteminde yakılmak üzere 300 mbar basınca düşürülür. Güvenlik amaçlı üç adet gaz tahliye borusu bina dışına 1,25 cm (0,5inch) borular ile çatı üzerinden yönlendirilir.



Fotoğraf 14 – Gaz Besleme ve Regülasyon Hattı

Doğal gaz sistemi içinde baca sıcaklığı ve oksijen miktarları ölçülmektedir. Burada LPG veya kimi durumlarda propan tarzı silindir tüplerde bulunan yakıtlar pilot alevi olarak kullanılmaktadır. İçinde bulunduğu bina yaklaşık 28 m x 13 m ölçülerinde ve 8m yüksekliğindedir. Örnek tesiste kullanılan kazanın iç hacmi yaklaşık 137 m³ olarak hesaplanmıştır. Binada doğal havalandırma vardır, herhangi bir fan sistemi yoktur. Bina içinde boru açıklıkları ve çatıda birçok açıklık mevcuttur. Bina içinde yapılan ölçümlerde hava akımı 1,3 m/s olarak ölçülmüştür.

Doğal gaz ısı santrali binası içinde, kazanı besleyen doğal gaz boru hattının yaklaşık 1,5 m yukarısında ve bakım platformuna bağlantılı şekilde noktasal ölçüm yapan bir gaz kaçık sensörü mevcuttur.



Fotoğraf 15 –Bina Gaz Girişi Mekanizması (Gaz Basıncı 3 bar'dan 300 mbar Basınca Düşer)



Fotoğraf 16 - Doğal Gaz Kazanı Besleme ve Akış Kontrol Vanaları (Bakım Platformu Üzeri Doğal Gaz Kaçak Sensörü Mevcut - Nokta Ölçümü)

Pilot alevi yakıtı olarak kullanılan LPG, doğalgaz ısı tesisi binası dışında bulunması tipiktir ve etrafı güvenlik kafesi ile çevrilir. Örnek proseste 4 - 6 adet arası 45 kg-108 lt sanayi tipi LPG silindri depolanmaktadır. Bunlardan bir kısmı LPG boru hattına bağlıdır. LPG tüpleri plastik boru ile, yakma sisteminin pilot alevleme sistemine giden 1,25 cm (0,5inch) çapında metal boru sistemine bağlanmaktadır. Bu hat üzerinde hat basıncı ölçülmektedir ve düşük basınçta sistem alarm vererek gaz akışını keserek purge tahliyesini yapmaktadır. Bina içinde devam eden metal boru üzerinde 3 adet akış kontrol vanası mevcuttur. LPG tüplerinin 3 senede bir değiştirildiği bildirilmiştir dolayısıyla bu uzun zaman içinde, dışarı şartlarına maruz kalan tüp ve borulardan kaçaklar olasıdır. Aynı zamanda tüplerin değişimi sırasında da bir miktar gaz kaçağı mümkündür. Buradaki risk, boru bağlantıları ve vana bağlantı noktalarında olası kaçaklardır.



Özellikle bina içine girdikten sonraki 1,25 cm (0,5inch) çapındaki metal boru, bir dizi kontrol vanası ile bağlantı noktalarından kaçak yapma riski mevcuttur. Olası LPG kaçaklarında gaz yüzeyde birikecektir (havadan ağır gaz). Bina içindeki kompleks yapı ve fiziksel engellerde bu gazın alevlenmesi patlamalara sebep olabilir ve artan türbülansın dolaylı etkileri yüksek olabilir.

6.1.2 Fuel Oil ve Atık Yağ Depo Alanı

Fuel oil (No. 4) ve atık yağ çimento fabrikalarında, toz kömürün yakıldığı döner fırınlarda ön alevlendirici olarak kullanılmaktadır. Fuel oil fabrika içinde bağımsız bir bölgede 1000 ton veya altındaki tanklarda depolanmaktadır. Fuel oile ek olarak aynı alanda kimi tesislerde atık yağ depolarında benzer ölçülerdeki tanklar içinde kullanılmaktadır. Atık yağlar, gıda ve kimya tesislerinden gelebilmektedir ve Çevre ve Şehircilik Bakanlığınca belirlenen minimum standartlara uymak zorundadır. Ancak karışımlar değiştiğinden, gelen malzemelerin alevlenme hassasiyeti değerlerine ulaşmak her zaman mümkün değildir. Bu kılavuzda kullanılan değerler ÇEİS Üyelerinden alınan bazı test verilerini ve aynı zamanda literatürden toplanan değerleri kapsamaktadır.

Ziyaret edilen tesislerden birindeasgari iki adet 1000 lt kapasiteli tank, beton bir korunaklı alan içine yerleştirilmiştir. Burada olası yakıt kaçakları dikeler ile sızıntıları engelleyecek şekilde tasarlanmıştır ve pompa istasyonları kullanılarak yakıt hem tankerlerden tanklara transfer edilmektedir hem de fuel oil ve atık yağ, yanma tesisindeki burülörlere gelmeden önce, basınçlı hat ile 5 tonluk ara tanklara transfer edilmektedir. Oradan da en son yanmanın yapıldığı brülörlere geçmektedirler. Depolama, ortam sıcaklığında yapılmaktadır. Yakmanın yapıldığı bölgede fuel oil 80 °C'ye ısıtılmış halde sistem içinde atomize edilerek püskürtülmektedirler.

Kullanılan malzemelerin alevlenme değerleri madde özellikler bölümünde verilmiştir. Buradan görüleceği üzere hem fuel oil hem de atık yağın alevlenme noktası ortam sıcaklığının üzerindedir (fuel oil 55 °C, atık yağ 50-140°C). Normal şartlar altında depolama sırasında malzemelerin parlayıcı gaz üretmeleri beklenmez. Ancak fuel oil sistem içinde kolay transferi sağlanması için 80 °C'ye ısıtılmaktadır. Bu durum alevlenme noktasının üzerindedir ve ortamda parlayıcı gaz buharlarının oluşması beklenir.



Fotoğraf 17 – Atık Yağ ve Fuel oil No. 4 Depo Alanı

6.2 Parlayıcı Gaz ve Sıvı Buharlarının Olduğu Bölgelerde Zone Belirlenmesi

IEC60079-10 Standardına göre parlayıcı gaz ve buhar bulutlarının ortamda olup olmadığı seçilen risk senaryoları kapsamında ve kimyasalın bulunduğu ortamda boşalma halinde parlayıcı buhar oluşturma olasılığına ve ortamdaki havalandırmanın miktar ve kalitesi bir arada düşünülerek hesaplanır. Kimyasalların parlama noktaları, ortam sıcaklığının altında olduğu durumlarda parlayıcı buhar birikimi beklenir. Aynı zamanda bağıl yoğunluğuna bakılarak, havadan ağır olan gaz ve buharların yüzeylerde ve yüzey altı haznelerde birikme olasılığı düşünülür.

Bunu takiben boşalma derecesine aşağıdaki tablo da verildiği şekilde karar verilir;

Boşalma Derecesi	Yanıcı Karışımın Boşalma Süreci
Sürekli	>1000 saat/ sene
Ana	10 < Saat/sene < 1000
Tali	<10 Saat/sene

Tablo 37 – Boşalma Dereceleri

Havalandırmanın **Suni veya Tabii** oluşu göze alınarak, havalandırmanın kullanılabilirliğine aşağıdaki şekilde karar verilir;

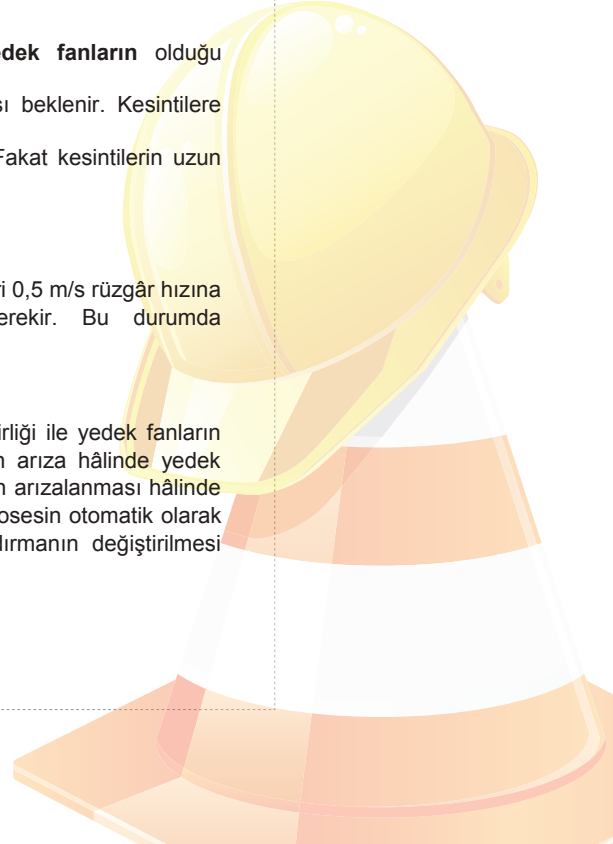
- İyi: Havalandırma pratik olarak sürekli mevcuttur (örnek **yedek fanların** olduğu durumlar)
- Orta: Havalandırmanın normal çalışmada sürekli mevcut olması beklenir. Kesintilere seyrek oluşmaları ve kısa süreli olmaları kaydıyla izin verilir.
- Kötü: İyi veya orta standardını karşılamayan havalandırmadır. Fakat kesintilerin uzun sürelerle oluşması beklenmez.

Tabii havalandırma

Açık hava alanları için havalandırma değerlendirmesi normal olarak asgari 0,5 m/s rüzgâr hızına dayandırılmalıdır. Bu değerlerin hemen hemen sürekli olması gerekir. Bu durumda havalandırmanın kullanılabilirliğinin **iyi** olduğu düşünülür.

Suni havalandırma

Suni havalandırmanın kullanılabilirliği belirlenirken teçhizatın güvenilebilirliği ile yedek fanların varlığı gibi hususlar dikkate alınmalıdır. Kullanılabilirliğin iyi olması için arıza hâlinde yedek fanların otomatik olarak devreye girmesi gerekir. Ancak, havalandırmanın arızalanması hâlinde yanıcı maddenin boşalmasının önlenmesi yönünde tedbir alınmış ise (prosesin otomatik olarak kapatılması gibi), havalandırma çalışır durumdayken yapılan sınıflandırmanın değiştirilmesi gerekmez, yani kullanılabilirlik iyi olarak alınır.





6.2.1 Bölge Hesaplarında Kullanılan Formüller ve Tanımları²⁶

Patlayıcı ortam oluşturma ihtimali olan alanlarda, bölge hesaplamaları TS EN 60079-10 Standardında verilmiştir. Aşağıda özet olarak formüller ve tanımları yer almaktadır. Yukarıdaki havalandırma tayinini takiben asgari Volumetrik Hava Akışı (**Vs**) vede Parlayıcı Buharın Kapladığı teorik salınım Hacmi (**Vz**) hesaplanır. Oluşan buharın ortamda kalıcılık süresi(t) hesaplanarak ve de hava değişim miktarı düşünülerek **Zone** sınıfının kalıcılığı veya geçiciliğine karar verilir.

Tanımlar:

LEL_m = Alt patlayıcılık sınırı (birim hacimde kütle, kg/m³)

M = Molekül kütlesi (kg/kmol)

LEL_v = Alt patlayıcılık sınırı (birim hacimde hacim, m³/m³)

(dV/dt)_{min} = Asgari volumetrik temiz hava akış hızı (birim zamanda hacim, m³/s)

(dg/dt)_{max} = Boşalma kaynağındaki azami hız (birim zamanda kütle, kg/s)

k = Emniyet faktörü (k=0,25 sürekli ve ana boşalma kaynakları için k=0,5; tali boşalma kaynakları için)

T = Ortam sıcaklığı (Kelvin)

V_z = Teorik hacim

C = Birim zamandaki hava değişim sayısı

d(Vo/dt) = Değerlendirilen hacimden geçen toplam temiz hava akış hızı

V_o = Değerlendirilen boşalmanın yakınında fiili havalandırmaya tabi olan toplam hacimdir (tesisin kontrolü içinde).

f = Engellenmiş hava akışı için kullanılan faktör (düzeltme faktörü). Bu f değeri f=1 (ideal durum) ile tipik olarak f=5 (engellenmiş hava akışı) arasında değişir.

t = Kalıcılık zamanı

Kullanılan Formüller,

$$LEL_m = 0,416 \cdot 10^{-3} \cdot M \cdot LEL_v$$

Asgari volumetrik temiz hava akış hızı,

$$(dV/dt)_{min} = \frac{(dg/dt)_{max}}{k \cdot LEL} \times \frac{T}{293}$$

V_z, Teorik hacim,

$$V_z = \frac{f \times (dV/dt)_{min}}{C}$$

²⁶ TS-3491 EN-60079-10 Patlayıcı Ortamlar Standardı

$$\text{Kalıcılık zamanı, } t = \frac{-f}{C} \ln \frac{LEL \times k}{X_0}$$

Havalandırma derecesine Vz değerine bakarak karar verdikten sonra Zone sınıflandırılması aşağıdaki tabloya göre yapılır;

		HAVALANDIRMA						
		Kaynağa göre havalandırmanın değerlendirilmesi						
		Güçlü havalandırma Vz < 1 m³			Orta dereceli havalandırma Vz < V Oda			Düşük havalandırma Vz => V Oda
		Güvenilirlik			Güvenilirlik			Güvenilirlik
		İyi	Orta	Düşük	İyi	Orta	Düşük	Tüm koşullarda
Salım sınıflandırılması	Sürekli veya uzun süreli	Zone 0 oluşmaz ve tehlikesiz	Zone 0 oluşmaz ve kaynak Zone 2 alınır	Zone 0 oluşmaz ve Zone 2 alınır	zone 0	Vz Zone 0 + alan Zone 1	Vz Zone 0 + alan Zone 1	Zone 0
	Ana, periyodik veya normal operasyonda, zaman zaman	Zone 1 oluşmaz ve tehlikesiz	Zone 1 oluşmaz ve alan Zone 2	Zone 1 oluşmaz ve alan Zone 2	Zone 1	Vz Zone 1 + Alan Zone 2	Vz Zone 1 + Alan Zone 2	Alan Zone 0 veya Zone 1 alınır
	Tali, nadiren, acil durumlarda kısa süreli	Zone 2 oluşmaz ve tehlikesiz	Zone 2 oluşmaz ve tehlikesiz	Alan Zone 2	Alan Zone 2	Alan Zone 2	Alan Zone 2	Alan Zone 1 veya Zone 0 alınır

Tablo 38 – IEC 60079-10 Zone Sınıflandırılması



Birden fazla yayılma (boşalma) kaynağı olduğu durumlarda, boşalmanın derecesine göre yayılmaların toplamı aşağıdaki tabloda gösterildiği şekliyle alınır;

Boşalma Derecesi	(dV/dt) _{min} ile yapılacak işlem
Sürekli	(dV/dt) _{min} için bütün değerlerin toplamı alınır, elde edilen toplam değer kullanılır
Ana	Aşağıdaki tabloya uygun olarak (dV/dt) _{min} 'in en yüksek değerlerinden gereken sayısı toplanır ve elde edilen toplam değer kullanılır
Tali	Sadece (dV/dt) _{min} 'nin en yüksek değeri kullanılır ve bu değer toplam değer olarak kullanılır.

Tablo 39 – Vo Alanında Birden Fazla Yayılmanın Toplamının Kullanılması Kriteri

Ana dereceli yayılma sayısı	IEC60079-10'a göre hesaplarda kullanılacak ana dereceli yayılma sayısı
1	1
2	2
3 – 5	3
6 – 9	4
10 – 13	5
14 – 18	6
19 – 23	7
24 – 27	8
28 – 33	9
34 – 39	10
40 -45	11
46 – 51	12

Tablo 40 – Birden Fazla Ana Dereceli Yayılmanın Toplamının Alınması Prosedürü

NOT: Boşalma derecesi (dG/dt)max'nin belirlenmesinde, kaçak alanındaki şu durumları bilmek gerekir;

- Kaçak açıklığı (mm çap)
- Kaçak tipi (flanj, boru bağlantısı, keçe)
- Sistem içindeki basınç ve sıcaklık
- Kaçak yapan malzemenin alevlenme noktası, parlama noktası, buharının bağlı yoğunluğu, buhar basıncı ve LEL değeri

Boşalma değerinin sayısal değerinin belirlenmesinde ya kimyasal boşalım ve salınım yazılım modelleri kullanılır ya da IEC 60079-10 standardında veya IP15, NFPA 30 standartlarında verilen benzer örneklerle bakılarak bu değerler tahmin edilir. Kullanımı kolay ve ücretsiz olan yazılım modellerinden birisi ALOHA Chemical Release programıdır. ALOHA²⁷ Chemical Release Modeli kullanılarak maksimum kaçak miktarları, olası patlayıcı ortam oluşturma sınırları ve olası patlayıcı ortamda oluşacak patlama basınçları ve kapladıkları alanlar kolaylıkla hesaplanabilir. Bu modele girilmesi gereken değerler yukarıdaki listede verilen bilgilerdir. Bu kılavuzda 6.2.2. nolu bölümde TS-3491 EN60079-10 da verilen örnek değerler kullanılmıştır ve doğal gaz tesisi örneğinde ise ALOHA modeli kullanılarak boşalma dereceleri tipik bir tesis için verilmiştir. Örnek uygulama elektronik ortamda yer alan Ek – 9'da verilmiştir.

6.2.2 Havalandırma Derecesinin ve Uygun Zone Sınıfının Tespiti için Örnek Hesaplar²⁸

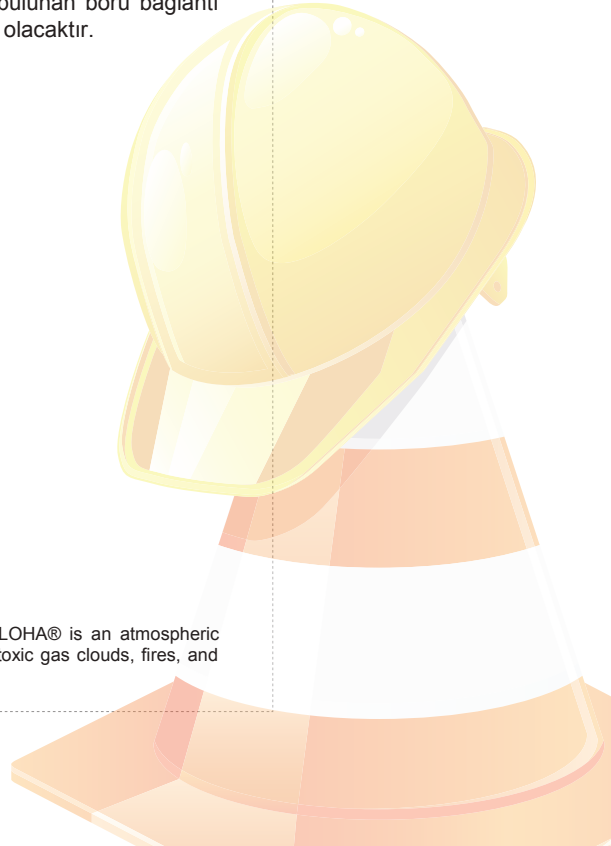
Örnek 1 Doğal Gaz (Metan) Boru Bağlantısı Kaçağı (Açık Hava): Buhar üretim tesisinde doğal gaz kullanılmaktadır. Doğal gazın buhar santrali binası girişinde bulunan boru bağlantı elemanında kaçak olduğu varsayıldığında Zone hesapları aşağıdaki gibi olacaktır.

Yayıma özellikleri

Yanıcı madde	Doğal Gaz (Metan gazı)
Metanın molekül kütlesi	16,05 (kg/kmol)
Boşalma kaynağı	Boru bağlantısı
Alt patlayıcılık sınırı (LEL)	0,033 kg/m ³ (%5 vol)
Boşalma derecesi	Tali
Emniyet faktörü, k	0,5
Boşalma hızı, (dG/dt)max	1 kg/s

²⁷ ALOHA - Areal Locations of Hazardous Atmospheres, Part of the CAMEO suite, ALOHA® is an atmospheric dispersion model used for evaluating releases of hazardous chemical vapors, including toxic gas clouds, fires, and explosions (US EPA).

²⁸ Örnekler TS-3491 EN 60079-10 standardının B7 bölümünden alınmıştır.



**Havalandırma özellikleri****Açık hava durumu**

Asgari rüzgâr hızı	0,5 m/s
Sağlanan hava değişimi sayısı, C	$>3 \times 10^{-2} /s$
Kalite faktörü, f	1
Ortam sıcaklığı, t	15 °C (288 K)
Sıcaklık katsayısı (T/293 K)	0,98

Hesaplar:**Asgari volumetrik temiz hava akış hızı:**

$$(dV/dt)_{min} = \frac{(dG/dt)_{max}}{k \times LEL} \times \frac{T}{293} = \frac{1}{0,5 \times 0,333} = 59,3 \text{ m}^3/s$$

Teorik Vz hacminin tahmin edilmesi:

$$V_z = \frac{f \times (dV/dt)_{min}}{C} = \frac{1 \times 59,3}{3 \times 10^{-2}} = 2000 \text{ m}^3$$

Kalıcılık süresi:

$$t = \frac{-f}{C} \ln \frac{LEL \times k}{X_0} = \frac{-1}{0,03} \ln \frac{5 \times 0,5}{100} = 123 \text{ s}$$

SONUÇ: Teorik Vz hacmi ihmal edilebilir değildir. Açık hava şartlarında V0 için makul değer (TS-3491 EN60079019 a göre) 3400 m³ olduğu varsayıldığında Vz hacmi V0'dan küçüktür. Bu kriterlere dayanarak, boşalma kaynağına ve değerlendirilen bölgeye göre havalandırma derecesi orta olarak alınabilir.

Açık hava şartları geçerli olduğu için havalandırmanın kullanılabilirliği iyidir ve dolayısıyla bölge ZONE2 olarak sınıflandırılır.

Örnek 2 Propan Gazı Tüp Bağlantı Ağzı Kaçağı (Pilot Alevi Amaçlı Kullanılan Gaz):**Yayıma özellikleri**

Yanıcı madde	Propan gazı
Propanın molekül kütlesi	44,1 (kg/kmol)
Boşalma kaynağı	Tüp bağlantı ağzı
Alt patlayıcılık sınırı (LEL)	0,039 kg/m ³ (%2,1 vol)
Boşalma derecesi	Ana

Emniyet faktörü, k	0,25
Boşalma hızı, (dG/dt) _{max}	0,005 kg/s

Havalandırma özellikleri

Bina içi durumu

Hava değişimi sayısı, C	20/h, (5,6 x 10 ⁻³ /s)
Kalite faktörü, f	1
Ortam sıcaklığı, T	35 °C (308 K)
Sıcaklık katsayısı (T/293 K)	1,05
Bina büyüklüğü, V ₀	10 m x 15 m x 6 m (900m ³)

Hesaplar:

Asgari volumetrik temiz hava akış hızı:

$$(dV/dt)_{min} = \frac{(dG/dt)_{max}}{k \times LEL} \times \frac{T}{293} = \frac{0,005}{0,25 \times 0,039} \times \frac{308}{293} = 0,6 \text{ m}^3/\text{s}$$

Teorik V_z hacminin değerlendirilmesi:

$$V_z = \frac{f \times (dV/dt)_{min}}{C} = \frac{1 \times 0,6}{5,6 \times 10^{-3}} = 1,1 \times 10^2 \text{ m}^3$$

Kalıcılık süresi:

$$t = \frac{-f}{C} \ln \frac{LEL \times k}{X_0} = \frac{-1}{20} \ln \frac{2,1 \times 0,25}{100} = 0,26 \text{ h}$$

SONUÇ: Teorik V_z hacmi V₀ değerini aşmamaktadır. Bu kriterlere dayanarak, boşalma kaynağına ve değerlendirilen bölgeye göre havalandırma derecesi orta olarak alınabilir. Kalıcılık süresi 0,26 h olduğuna göre, işlem sık sık tekrarlanırsa Zone 1 kavramı karşılanmaz.

6.2.3 Doğal Gaz Buhar Santralinde Tehlikeli Durum Senaryolarının Belirlenmesi Örneği

Tesisteki olası kaza senaryoları HAZOP lideri, bakım mühendisi, operatör ve İSG sorumlusunun bir araya gelmesiyle hazırlanmaktadır. Aşağıda tipik bir doğal gaz santralinde olası tehlikeli durum senaryoları verilmiştir. Bu senaryolar için olası boşalma miktarları hesaplanır ve boşalma bölgeleri seçilir. Bu senaryolar ışığında Zone sınıfı hesapları yapılır.





Senaryo	Gaz Ana Tedarikçi Elektronik Panosu	Gaz Ana Tedarikçi Fabrika Bağlantı Hattı, Yer Üzeri	Yer Altı DN250 Boru Hattı	Enerji Santrali Bina Giriş, Açık Hava	Enerji Santrali Boiler Alanı, Bina İçi	LPG Silindir Deposu, Bina Dışı	LPG Boiler Alanı	Enerji Santrali Bina Giriş, Regülasyon	Boiler Alanı, Bina İçi	Boşalma Tipi
Havalandırma	Suni	Doğal	-	Doğal	Doğal	Doğal	Doğal	Doğal	Doğal	
Flanj kaçağı				X	X	X				Tali
Regülatör / Vana Kaçağı	X	X		X			X	X		Tali
Boiler içinde pilot sönmesi ve yanmamış gaz birikimi					X		X			Tali
Yakma sistemi baca çıkışında yüksek konsantrasyonda yanmamış gaz geçişi					X			X		Tali
Sensör Bağlantı Kaçağı					X				X	Tali
Boru Bağlantı Kaçağı						X				Tali
Gaz Tahliyesi (pressure relief)		X		X				X		Tali
Kazı Sırasında Boru Hattı Zarar Görmesi			X							Tali

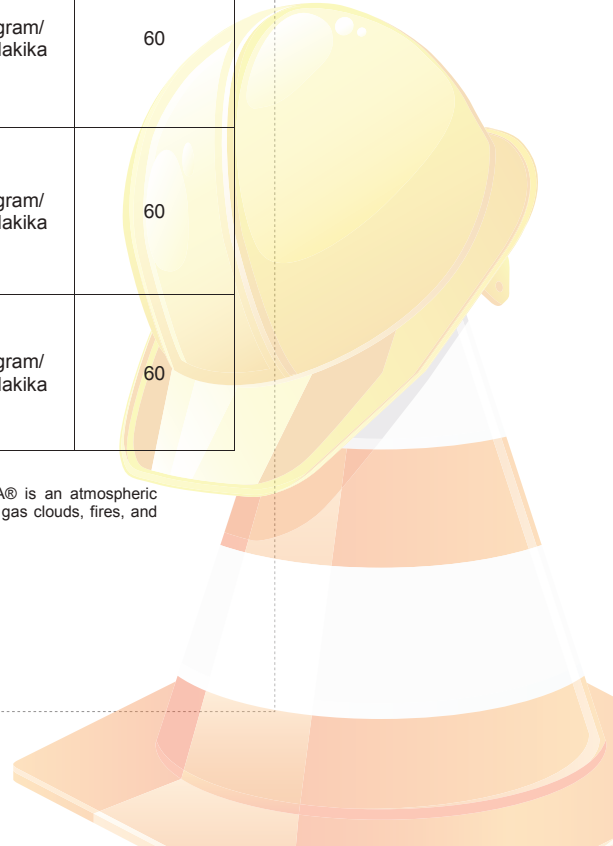
Tablo 41 – Tehlikeli Durum Senaryoları

Yukarıdaki tabloda verilen senaryo için maksimum kaçak miktarları ve olası patlayıcı ortam oluşturma sınırları ALOHA²⁹ Chemical Release Modeli kullanılarak (veya bölüm 6.2.2. de verilen örnekler kullanılarak) hesaplanmıştır. Ancak farklı metotlar kullanılarak da hesaplanabilir. Aşağıda maksimum kaçak miktarı ve de senaryoların tanımları verilmiştir. Bu sonuçlar ZONE çalışması ve risk analizinde kullanılır.

Aşağıda yer alan Tablo 42'de, tipik doğal gaz buhar santrali için gaz kaçakları oluşum senaryoları ve tahmini salınım miktarları yer almaktadır.

Senaryo	Max Basınç, bar	Kaçak Yapan Hacim	Kaçak Boyutu	Kaçak Yeri	Boşalma hızı, (dG/dt)max (ALOHA Modeli)	Birim	Havalandırma, C, turn/hr
1. Doğal gaz ana fabrika girişi, yüksek basınç hattı flanj kaçağı	25	0,25 çap, 2 m uzunluk boru	1 mm çap	Flanj	115	gram/dakika	60
2. Doğal Gaz Ana Giriş Elektrik Pano içi Vana Bağlantı Kaçağı	4	0,25 çap, 2 m uzunluk boru	1 mm çap	Pano içi flanj	18,6	gram/dakika	14
3A. Doğal Gaz Ana Giriş Basınç Tahliye Borusu Vanalarından Korozyon Sebepinden Kaçak (2 adet)	4	2,54 cm çap, DN250 boru ve vana arası 30 cm boru	1 mm çap	Vana Bağlantı Flanji	31,4	gram/dakika	60
3B. Doğal Gaz Ana Giriş Basınç Tahliye Borusu Tahliye Sırasında Atmosfere Kaçış (2 adet)	4	2,54 m çap, 3 m yükseklik	2,5 cm	Boru ağızı	2,87	gram/dakika	60
4. LPG Tank Alanı, Plastik Boru Bağlantısı Kaçakları, 3 Adet Aynı Anda (Açık Hava)	6	21 mm çap	1 mm çap	Vana Bağlantı Flanji	921	gram/dakika	60

²⁹ALOHA - Areal Locations of Hazardous Atmospheres, Part of the CAMEO suite, ALOHA® is an atmospheric dispersion model used for evaluating releases of hazardous chemical vapors, including toxic gas clouds, fires, and explosions (US EPA).

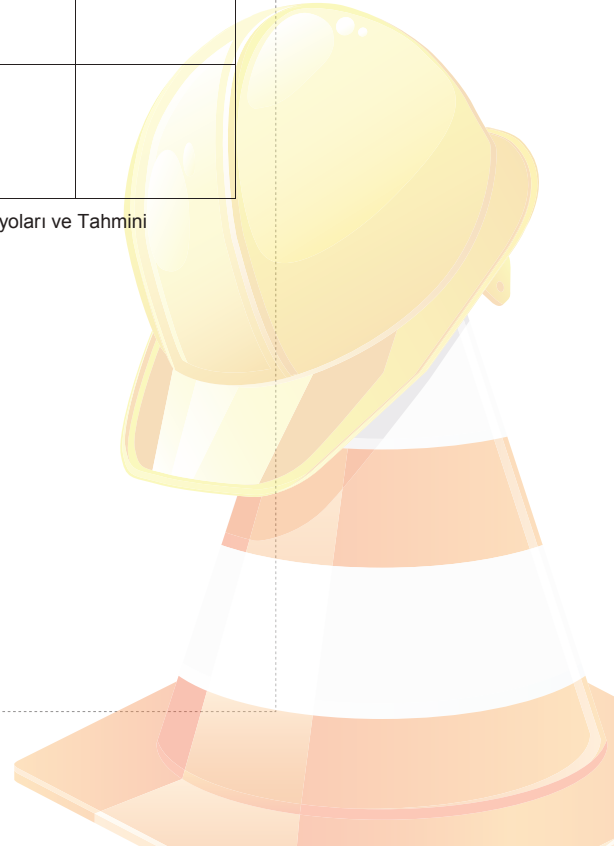




5. LPG Tank Alanı, Silindir vanası açıkken, plastik borunun kopması ve yüklü miktarda gazın salınımı (en kötü senaryo)	6	21 mm çap	21 mm çap	Plastik boru	655	gram/saniye	60
6. LPG Pilot Borusunda Kontrol Vanasından Kaçak (toplam 3 adet FCV mevcut), Bina İçi salınım	5	21 mm çap, 12 m boru, 3 adet FCV bağlantısı	21 mm çap	Vana Bağlantı Flanji	27,7	gram/dakika	4.2
7. LPG Depo Alanı, 21mm boru ve Ashcroft Basınç rolesi bağlantı kaçağı (korozyon)	5	21 mm boru ve Basınç Role Bağlantısı	Flanj	Pressure Switch	12,7	gram/dakika	60
8. Doğal gaz ısı santrali Bina Girişi, 3bar hattı, kontrol vanası ve regulator kaçakları (aynı anda kaçak), 2 paralel hat toplamda mevcut	3	DN65, 2 m uzunluk	1 mm çap	Flanj	19,3	gram/dakika	60
9. Doğal gaz ısı santrali bina girişi, 3bar hattı, aşırı basınç tahliye borusu - 1inch (2,54 cm) ve 6 m, NOT; Ana Ball Vana Açık Unutulduğu Zaman	3	2,54 cm çap, 6 m yükseklik	2,54 cm çap	Boru ağızı	9,49	kg/dakika	60

10. Doğal gaz ısı santrali Bina Girişi, 3 bar hattı, aşırı basınç tahliye borusu – 1inch (2,54 cm) ve 6 m, NOT; Ana Ball Vana KAPALI	3	2,54 cm cap, 6 m yükseklik	2,54 cm çap	Boru ağızı	0,102	gram/saniye	60
11. Doğal gaz ısı santrali Bina Girişi, 300mbar Basınç Tahliye Güvenlik Vanası ve boru tahliyesi	0,3	5 cm cap, 6 m uzunluk	5 cm	Boru ağızı	0,0455	gram/saniye	60
12. Doğal gaz ısı santrali Bina içi, Boiler Yani Kontrol Vanası Kaçağı, 300 mbar ve DN65	0,3	DN65, 5 m uzunluk	1 mm çap	Vana Bağlantı Flanji	0,05	gram/saniye	5,7
13. Doğal gaz ısı santrali Bina İçi, Korozyona Uğramış Basınç Göstergesi Kaçağı	0,3	DN150 boru üzerinde, 8 m uzunluk, normal açık vana	1 mm çap	Gosterge flanj bağlantısı	37,4	kg/dakika	5,7
14. Doğal gaz ısı santrali içinde gaz birikimi (pilot sönmesi ile oluşan)	0,3	kazan	baca		ZONE 1 Kazan iç Hacmi		

Tablo 42 – Tipik Doğal Gaz Buhar Santrali için Gaz Kaçakları Oluşum Senaryoları ve Tahmini Salınım Miktarları

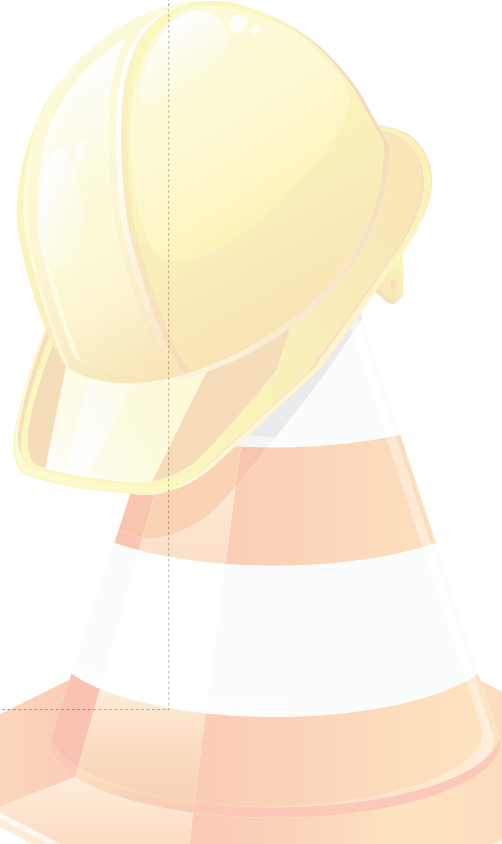




6.2.4 Tipik Doğal Gaz Buhar Santrali ZONE Simiflandırılması Örneği

No.	Salınım Yeri		Yanıcı Madde				Havalandırma			Tehlikeli Bölge			Diğer Bilgiler		
	Tanım	Yer	Boşalma Cinsi	Ref (2)	Çalışma Şartları	State (3)	Tip (4)	Derece (5)	Güvenlilik (5)	ZONE 0-1-2	Dikay	Kapsam, m		Yatay	Ref
1	Flanj	Doğal gaz ana fabrika girişi, yüksek basınç hattı flanş kaçacağı	Tali	1	C 16-26 Çalışma Şartları 19-25 bar	G	N	ORTA	İYİ	Zone 2	1,1	1,1	1,1	IP15	
2	Pano içi flanş	Doğal Gaz Ana Giriş Elektrik Pano içi Vana Bağlantı Kaçağı	Tali	2	C 16-26 Çalışma Şartları 19-25 bar	G	N	ORTA	ORTA	Zone 2	1,1	1,1	1,1	IP15	
3	Vana Bağlantı Flanşı	Doğal Gaz Ana Giriş Basınç Tahliye Borusu Kaçakları	Tali	3	C 16-26 Çalışma Şartları 3-4 bar	G	N	ORTA	İYİ	Zone 2	3	3	3	IP15	

4	Boru ağzı	Doğal Gaz Ana Giriş Basınç Tahliye Borusu	Tali	4	16-26	3-4	G	N	ORTA	İYİ	Zone 2	3	3	IP15	LPG buharı havadan ağır olduğu için yerde birikir. Yüzeyle kapsayacak şekilde 1,5 m.
5	Vana Bağlantı Flanji	LPG Tank Alanı, Plastik Boru Bağlantısı Kaçakları	Tali	11	16-26	1-3	LG	N	ORTA	İYİ	Zone 2	1,5	1,5	NFPA 497	
6	Plastik boru	LPG Tank Alanı, vana açikken, plastik borunun kopması ve bütün gazın kaçması	Tali	12	16-26	1-3	LG	N	ORTA	İYİ	Zone 2	1,5	1,5	NFPA 497	
7	Vana Bağlantı Flanji	LPG Pilot Borusunda Kontrol Vanasından Kaçak	Tali	13	16-26	1-3	LG	N	ORTA	ORTA	Zone 2	1,5	1,5	NFPA 497	
8	Pressure Switch	LPG Depo Alanı, 21 mm boru ve Ashcroft Basınç rölesi bağlantı kaçağı	Tali	14	16-26	1-3	LG	N	ORTA	ORTA	Zone 2	1,5	1,5	NFPA 497	

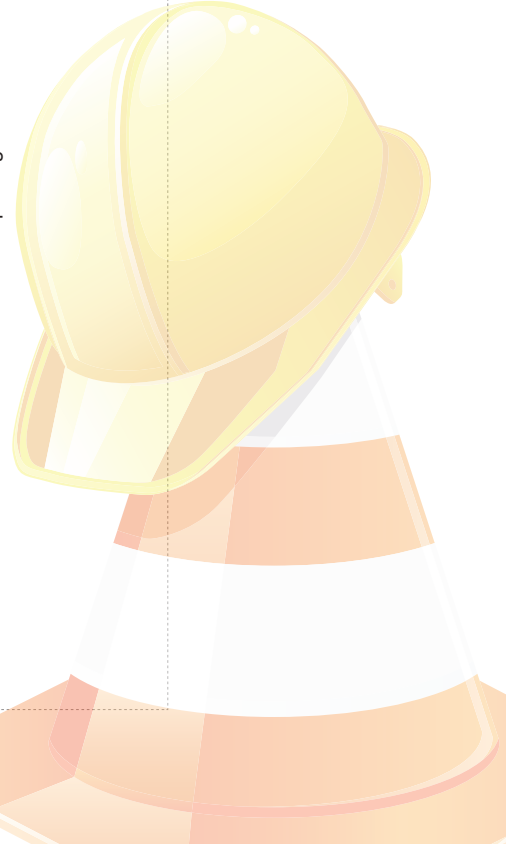




9	Flanj	Doğal gaz Santrali Bina Girişi, 3 bar hattı, kontrol vanası ve regülatör kaçakları	Tali	16	16-26	3-4	G	N	YÜKSEK	İYİ	Zone 2	1,1	1,1	IP15	
10	Boru ağzı	Doğal gaz Santrali Bina Girişi, 3 bar hattı, aşırı basınç tahliye borusu (Ana Ball Vana Açık)	Tali	17	16-26	3-4	G	N	ORTA	İYİ	Zone 2	3	3	IP15	
11	Boru ağzı	Doğal gaz Santrali Bina Girişi, 3 bar hattı, aşırı basınç tahliye borusu (Ana Ball Vana KAPALI)	Ana	18	16-26	3-4	G	N	ORTA	İYİ	Zone 2	3	3	IP15	
12	Boru ağzı	Doğal gaz Santrali Bina Girişi, 300 mbar Basınç Güvenlik Vana Tahliyesi	Ana	19	16-26	0,3	G	N	ORTA	İYİ	Zone 2	3	3	IP15	

13	Vana Bağlantı Flanji	Doğal gaz Santrali Bina İçi, Boiler Yanı Kontrol Vanası Kaçağı, 300 mbar	Tali	20	16-26	0,3	G	N	ORTA	ORTA	Zone 2	1,1	1,1	IP15	
14	Gösterge flanji bağlantısı	Doğal gaz Santrali Bina İçi, Korozyona Uğramış Basınç Göstergesi Kaçağı	Tali	21	16-26	0,3	G	N	DÜŞÜK	ORTA	Zone 1	1,1	1,1	IP15	
15	Kazan Bacası	Doğal gaz Santrali Kazanı İçinde Gaz Birikimi (pilot sönmesi ile oluşan)	Tali	22	16-26	0,3	G	N	ORTA	ORTA	Zone 1		İç hacim	İç hacim	Kazan içi Zone 1. Bacadan atmosfer çıkışı 1,1 m mesafe için Zone 2 ortamı.
1	C - süreklili (>1000saat/sene); P - Ana (10-1000 saat/sene); S - Tali (<10 saat/sene)														
2	Senaryo numarası														
3	G – Gaz; L – Svr; LG – Sıvılaştırılmış Gaz; S - Katı														
4	N - Natural (doğal); A – Artificial (sumi)														
5	Bkz IEC 60079-10-1 Annex B														

Tablo 43 – Tipik Doğal Gaz Buhar Santrali ZONE Sınıflandırılması





6.2.5 Zone Sınıflarının ve Yayılma Mesafelerinin Görsel Bildirimi Örneği

Zone sınıflandırılması analizinde, ekipmanlardan olası kaçaqlar (örnek flanj, keçe gibi bağlantı elemanları) gaz veya buharın özelliklerine göre kapsam alanı standartlarca belirlenmiştir. IEC 600079-10 standardında referans olarak bazı örneklere kapsam alanları belirlenmiştir. Ancak IP15 ve NFPA 497, kaçak cinsine göre (pompa, flanj veya keçe) ve de malzemenin sınıflandırılmasına göre, kaçak etrafında kaplayacağı mesafeler tablolar halinde sunulmuştur. Dolayısıyla bu örnekte Zone sınıflandırılmasında bu standartların hepsi incelenmiş ve uygun olanları kullanılmıştır. Aşağıda IP15 standardında belirlenen flanj, vana ve boru kaçaqlarının görselleri bulunmaktadır ve bölüm 6.2.2 de belirlenen mesafeler bu görseller düşünülerek hazırlanmıştır. EK-2'de endüstri standartlarında kullanılan örnekler gösterilmiştir.

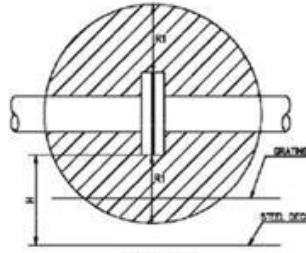


FIGURE-2A
TYPICAL AREA CLASSIFICATION AROUND THE FLANGE/
VALVES INSTALLED OVER GRATED DECK
IF INSTALLED OVER STEEL DECK (R1=1000mm)

HOLE DIA	FLUID CAT.	PRESSURE BARG	RADIUS	
			R1	R2
1	A / C	P<50	2500	N/A
1	B	P<50	2000	N/A
1	G(i)	P<100	1100	N/A
1	G(l)	100<P<150	1400	N/A
1	G(l)	150<P<200	1600	N/A

Şekil 16 – Flanj ve Vana Kaçaqları Etrafındaki Zone Sınıflandırılması Örneği

Şekil 15'de yer alan zone sınıflandırması örneği, doğal gaz g(i) sınıfına girmekte olup, incelenen sistemlerde basınç 100bar'ın altındadır.

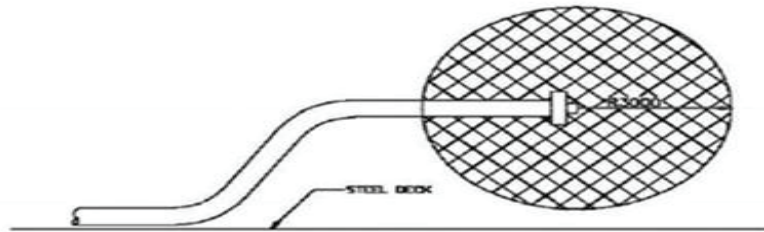
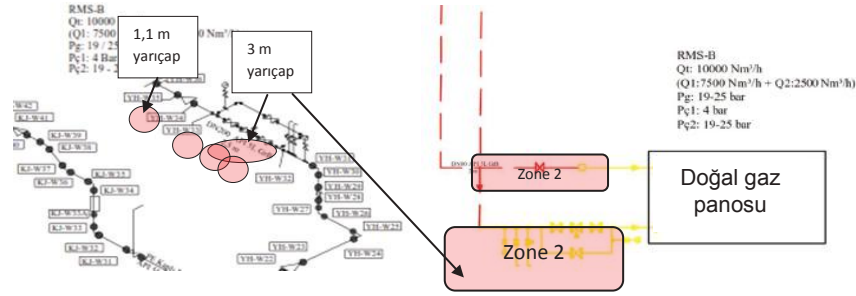


FIGURE-3
HORIZONTAL BALL OR PIG LAUNCHING
OR RECEIVING INSTALLATION
(N.T.S.)
N2 PURGED

Şekil 17 – Boru Kaçağı Zone Sınıflandırılması Örneği

Buradaki örnek 3 m çapı olarak gösterilmektedir ve tahliye borularındaki duruma paralellik göstermektedir. NFPA 497 de buna benzer mesafeler (1,5-7m arası) borularda oluşan atmosfer kaçaqlarında kullanılmaktadır.



Şekil 18 – Doğal Gaz Fabrika Ana Giriş İstasyonu

NOTLAR:

1. Sistem gaz tedarikçisi firma tarafından bakılmakta ve kampüsteki diğer yerleşkelerden güvenli mesafede uzaklıkta bulunmaktadır.
2. Sistemde doğal havalandırma vardır. Elektrik panosu içinin tamamı Zone 2 olarak hesaplanmıştır. Kullanılan sensörlerin bu Zone sınıfına uygun olması gerekir.
3. Diğer vanalar ve sensörler açık havada olmasına ve doğal havalandırmasına rağmen senaryolarda belirlenen kaçak olasılığı olan ekipmanlardan dolayı ortam vana ve flanj bağlantılarından 1,1 metre etrafı kapsayacak şekilde Zone 2 sınıfındadır. Tahliye boruları yerden yaklaşık 2,5 m yüksekliktedir ve bu alanda IP15 standardına göre boşalma ağızından 3 m yarı çapta olacak şekilde alan Zone 2 olmaktadır.



Şekil 19 – Doğalgaz Buhar Santrali ve Gaz Bağlantı Alanı

**NOTLAR:**

1. Örnek tesiste santral binası içinde suni havalandırma yoktur. Bina içindeki yüksek miktarda olan açıklıklardan doğal havalandırma oluşmaktadır. Ancak olası kaçakların biran önce seyrelmesi için yeterli ventilasyon gerekmektedir ve bina içi yüzeyleride kapsayacak şekilde suni havalandırma kullanımı bu tarz tesislerde kapalı ortamlarda önerilmelidir.
2. Tesis içinde vana flanj bağlantılarında aşırı korozyon varsa kaçak olasılığı artar. Normalde açık vanalarda kaçak olması durumunda uzun süreli salınım olması beklenir.
3. Kullanılan örnekte burülör sistemini besleyen kontrol vanaları serisinin yaklaşık 1,5m üzerinde gaz kaçak sensörü bulunmaktadır. Bu ortamda (Zone 2) noktasal ölçümün ancak çok düşük gaz ppm değerinde çalışması gerekir çünkü doğal gaz havadan hafif olduğu için kaçak noktasından yukarı doğru yükselerek seyrelmesi beklenir. Bu ortamda birden fazla kaçak noktası olduğundan, daha geniş alanı kapsayacak şekilde düşük ppm değerlerine ayarlı birden fazla gaz dedektörü kullanımı önerilir.
4. Bina dışında olan gaz kontrol vanaları ve regülatörlerin bulunduğu bölge, olası kaçak noktaları olduğundan Zone 2 olarak sınıflandırılmıştır (1,1m yarıçap kapsayacak şekilde). Bina çatısı üzerinde bulunan 3 adet tahliye borusunun açıklıkları Zone 2 olmaktadır ve 3m yarıçapı kapsayacak şekilde kullanılan aydınlatma ve diğer elektrikli ekipmanların bu sınıfa uygun olması gerekir.
5. Sistemde kullanılan kazan kısmının içinde anormal durumlarda (pilot alevi kaybı veya elektrik kesintisi gibi) gaz birikimi mümkündür. Bundan dolayı Zone 1 olarak düşünülmüştür.

6.2.6 Fuel Oil ve Atık Yağ Depolarında Zone Sınıfları Belirlenmesi

Çimento fabrikalarında kullanılan fuel-oil-4 ve atık yağlar ortam sıcaklığı ve basıncında, kapalı tanklar içinde depolanmaktadır. Aşağıdaki tabloda Fuel Oil ve Atık Yağ için madde özellikleri değerleri verilmiştir.

Malzeme	Maksimum Çalışma Sıcaklığı, °C	Parlama Noktası, FP °C	Buhar Basıncı, 20°C kPa	Kaynama Noktası, °C
Fuel Oil 4	80	55-65	6	177-377
Atık Yağ	Ortam Sıcaklığı	40-150	6	200

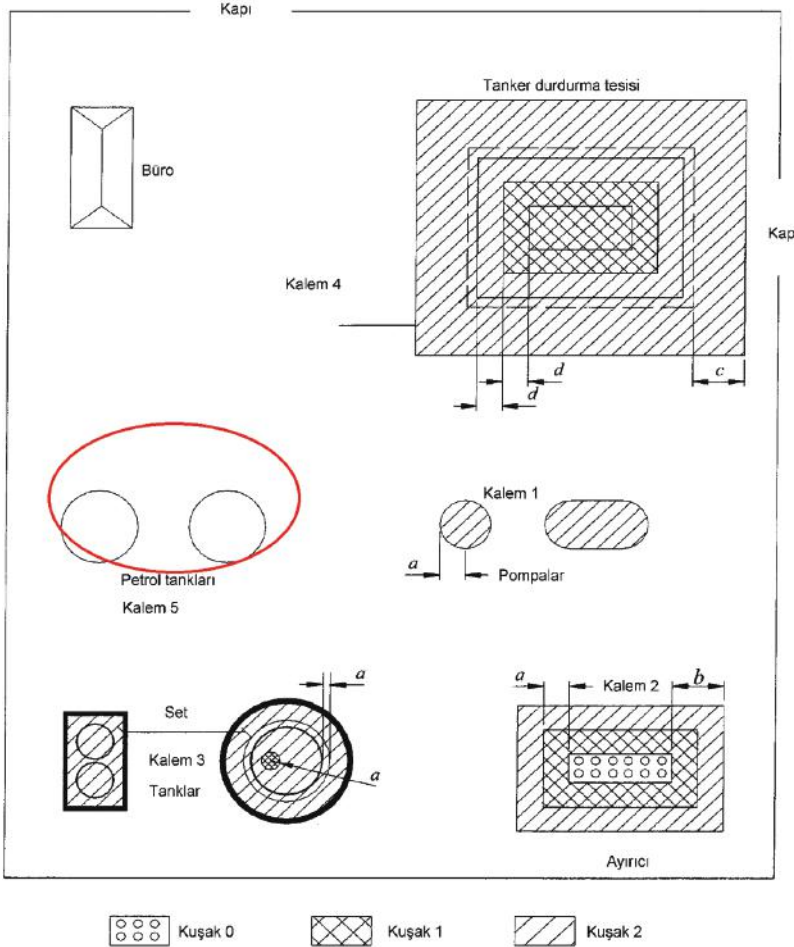
Tablo 44 – Fuel Oil ve Atık Yağ Malzeme Bilgileri Özeti

Yukarıdaki tabloya göre, iki malzemenin de depolandığı ve taşındığı durumlarda normal şartlarda ortam sıcaklığının parlama noktasının çok altında olması beklenir. Dolayısıyla parlayıcı buharlarının oluşması beklenemez. Ancak fuel oil için proses 80°C ye kadar ısıtılabilir. Dolayısıyla parlama noktası üzerinde olacağından tank ve transfer hatları içinde parlayıcı sıvı buharı oluşması beklenir. Atık yağ için değerler ÇEİS Üyeleri tarafından sağlanmıştır. Parlama noktası değerine kullanılan yağlarda bakılmaktadır. Mevzuata göre parlama noktası 38°C altında malzemeler kabul edilmemektedir.

Atık yağlar için bu şartlarda düşük buhar basıncı olduğundan ve yüksek parlama noktası olduğundan bu malzemelerin bulunduğu ortamlar ZONE sınıfına **GİRMEZLER**. Ancak fuel oil

için parlayıcı ortam oluşması beklenir. Depo alanlarının fabrikanın üretim alanından güvenli uzaklıktaki bölgelere kurulması ve gerekli yangın korunma önlemlerinin alınması önerilir.

Aşağıda TS-3491 EN 60079-10 Standardında petrol tankları için kullanılan örnek verilmiştir. Burada petrolün depolandığı alanda herhangi bir ısıtma yapılmadığı için bu alan ZONE sınıfı dışındadır. Bu örnek, atık yağ tankları içinde uygulanabilir.



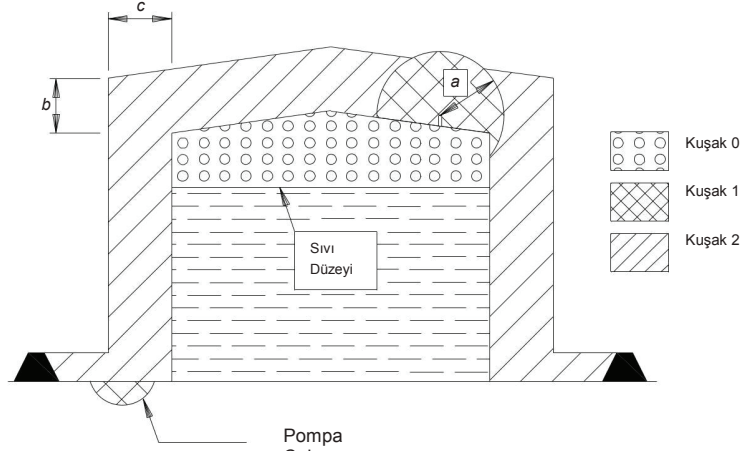
Şekil 20 – Fuel Oil Tankları (TS3491 Örnek 11)

NOT: Malzemenin parlama noktasının ortam değerlerinin altında olduğu depo alanlarında parlayıcı buharların LEL değerinin üzerine çıkması beklenir. Bu durumlarda aşağıdaki ZONE durumları uygulanır (bkz EK - 2). Şekil 10'da fuel oil tankları zone dışında gösterilmektedir.





Ölçeksiz



İlgili parametreler dikkate alındığında bu örnek için aşağıdaki tipik değerler elde edilir.

- a= Havalandırma açıklıklarından 3 m,
b= Çatının 3 m üzerinde,
c= Tanktan yatay olarak 3 m

Şekil 21 – Parlama Noktasının Ortam Sıcaklığının Altındaki Stok Alanları (TS3491 Örnek 8)

Çimento sektöründe fuel oil tanklarında, malzemenin transferi için ısıtma yapıldığı için ortam sıcaklığı alevlenme noktasının üzerinde oluşabilmektedir. Dolayısıyla yukarıda Şekil 21’de gösterilen durum fuel oil tankları için geçerlidir (örneğin detayları EK - 2 de verilmiştir). Bu durumlarda tank içinde sıvının yüzeyi **ZONE 0**, havalandırma/vent açıklıklarından 3m mesafeye kadar olan alan **ZONE 2** ve fuel oil buhar havadan ağır olduğu için transfer pompası yataklarında birikim yapabileceğinden bu bölgeler **ZONE 1** olarak tanımlanmıştır

Çimento üretim tesislerinde amonyak kullanımı özellikle baca gazı temizleme sistemlerinin parçası olarak gözlemlenmektedir. Amonyak gazının yüksek LEL değeri (%15-%34) bulunduğundan ancak yüksek konantrasyonlardaki kaçaklarda parlayıcı ortam oluşturabilir. Gaz halinde IIA gurubunda bulunan amonyak, depolandığı hacimlerin içi ZONE 0 olarak alınır. Amonyakın depolandığı alan eğer iyi seviyede havalandırma ve havalandırma seviyesinin yüksek olduğu ortamlarda doldurma ve boşaltma alanları etrafındaki 1m alan ZONE 2 olarak standartlarca önerilmektedir³⁰. Amonyak gazının bulunduğu ortamlarda kaçak gaz ölçüm sensörleri kullanımı önerilir.

³⁰ AS/NZS 2430.1.1:1997 – Classification of hazardous areas in respect to the refrigeration plant.

6.3 Parlayıcı Gaz ve Buharların Bulunduğu Prosesler için Potansiyel Alev Kaynaklarının Belirlenmesi

Yapılan risk analizinde gaz/buhar patlamasına sebebiyet verebilecek potansiyel alev kaynaklarının efektifitesi (alevlendirme enerjisi ve gazların alevlenme olasılığı) ve ortamda bulunma olasılıkları değerlendirilmiştir. Ortamda birçok farklı alev kaynağı olması mümkündür ve hepsinin %100 tahmini çok güçtür. Risk analizi kapsamında uluslararası standartlarca kabul edilen EN1127 standardında belirtilen alev kaynakları ve bunları belirleme formu analiz kapsamındaki prosesler için uygulanmıştır. EN1127'nin³¹ alev kaynakları detayları referans olarak EK - 3'de verilmiştir.

6.3.1 Parlayıcı Gaz ve Buharlar için Elektrikli Ekipmanlar

Fabrika içinde kullanılan elektrikli ve elektronik ekipmanlar, eğer buldukları ZONE sınıfına uygun tasarlanmadılarsa potansiyel alev kaynağı olabilirler. Bu tarz ekipmanların ATEX sertifikaları olmak durumundadır. Aşağıda, ortamda bulunması beklenen yanıcı gaz ve buharlar düşünülerek hazırlanmış, proje kapsamındaki tipik çimento üretim tesisi içinde bulunan farklı ZONE sınıflarında olması gereken elektrikli ekipmanların uyması gereken ATEX izinleri belirtilmiştir. Fabrika içinde yeni alınması gereken veya revize edilmesi gereken ekipmanlar için buldukları ZONE sınıflarına göre aşağıdaki spekler kullanılabilir.

Zone Sınıfı	İhtiyaç Duyulan ATEX İzinleri	Min. Korunma Seviyesi	Min. Korunma Tipi
YOK	Standart ekipmanlar kullanılabilir	-	-
ZONE 0	EX II 1G T1-2, Kategori 1 (çok yüksek güvenlik)	Ga	ia, ma
ZONE 1	EXII 2G T1-2, Kategori 2 (yüksek güvenlik)	Gb	ib, mb, px, py, e, o, q, s
ZONE 2	EXII 3G T1-2, Kategori 3 (normal güvenlik)	Gc	n, ic, pz

Tablo 45 – Yanıcı Gaz ve Buharların Kullanıldığı Tesislerdeki Elektrikli Ekipmanlar İçin Olması Gereken ATEX İzinleri

³¹ EN 1127-1:2011, Explosive atmospheres. Explosion prevention and protection basic concepts and methodology.

**6.3.2 Doğal Gaz Isı Santrali İçinde Olası Alev Kaynakları**

OLASI ALEV KAYNAKLARI (EN1127-1)	EFEKTİF KAYNAK? EVET/HAYIR	PROSES İÇİN ETKİLİ BİR KAYNAK MI?
Sıcak Yüzeyler	Evet	<p>1) HAYIR. Bina içlerinde yapılan sıcaklık ölçümlerinde izolasyonsuz kısımlarda maksimum 240°C ve izolasyonlu kısımlarda 80°C sıcaklığa rastlanmıştır. Kazanda üretilen buhar 210°C sınırlarındadır. Bu sıcaklıklar doğalgazın AIT değerlerinin altındadır.</p> <p>2) EVET. Bina içinde olası bir flaş parlaması veya yakındaki üretim alanlarında olası yangın veya patlamalar AIT üzerinde alevlenme enerjisi yaratabilir. Fanlarda aşırı ısınmada da bu tarz yüksek sıcaklıklar beklenebilir.</p>
Alev ve sıcak gazlar (aşırı ısınmış parçalar dahil, araçlar)	Evet	<p>1) EVET. Fabrika içinde veya makinelerde bakım amaçlı kesme veya kaynak işleri gazların alevlenmesine sebep olabilir. Fabrika içinde gaz patlama risklerinde içeren Isıl İşlem İzinleri olmadığı için bakım veya onarım zamanlarında bu risk mevcuttur.</p> <p>2) EVET. Pilot alevinin geç devreye girmesi durumunda, LEL üzerindeki doğal gaz alev alır ve patlayabilir. Alev kontrol sistemi kullanılmalıdır ve bakımı düzenli yapılmalıdır.</p>
Mekanik oluşan kıvılcım kaynakları (NFPA 654)	Evet	HAYIR. Sistemde yanıcı gazla temasta hareketli aksam yoktur.
Elektrikli Ekipman veya Elektrik Kaynakları	Evet	<p>1) HAYIR. Doğal gaz ve LPG alanlarında kullanılan ve patlayıcı ortam ile temasta olan vanalar ve sensörler ATEX sertifikalıdır.</p> <p>2) EVET. Ortamdaki elektrikli aydınlatmalar içinde ATEX uyumu olmayanlar vardır.</p>
Yabancı Maddeler (ekipman içine kaçan metal parçalar)	EVET	HAYIR. Kapalı sistem, kaçak girme olasılığı düşük.
Kontrolsüz Elektrik Akımları, katodik korozyon koruması (sıvılar için)	HAYIR	

Statik Elektrik		
Korona Boşalımı	HAYIR	
Brush Boşalımı	HAYIR	
Propogating Brush Boşalımı	HAYIR	
Bulking Brush (Cone) Boşalımı	HAYIR	
Kıvılcım Boşalımı	EVET	EVET. Gaz boruları üzerinde elektriklerle çalışan sensörler ve vana aktuatörlerinin olduğu tüm ekipmanların toprak ve bond bağlantıları tam olmalıdır. Ortamda bond bağlantısı olmayan ekipmanlar mevcuttur.
Yıldırım	EVET	HAYIR. Paratoner mevcut. NOT: Paratonerlerin düzenli bakımı yapılmalıdır.
Radyo Frekansı 10^4 Hz - 3×10^{11} Hz	HAYIR	
Elektromanyetik Dalgalar 3×10^{11}-10^{15} Hz arası	HAYIR	
iyonlaşma Radyasyonu	HAYIR	
Ultrasonik kaynaklar	HAYIR	
Adiyabatik Sıkışma ve Şok Dalgası	EVET	HAYIR. Adiyabatik sıkışmanın oluşacağı prosesler ve reaksiyonlar yok.
Ekzotermik Reakşyon ve içten yanma	EVET	Hayır.

Tablo 46 – Doğal Gaz Isı Santrali ve Gaz Dağıtım İstasyonları Alev Kaynakları (EN 1127-1)

6.3.3 Fuel Oil ve Atık Yağ Depo Alanı

Bir önceki bölümde, bu iki malzemenin ortam sıcaklığının çok üzerinde alev noktaları olduğundan, normalde yanıcı buhar oluşturmayacağını ve ZONE sınıfına girmediği belirtilmiştir. Ancak alev kaynağı analizi, anormal durumlar için kılavuza eklenmiştir. Örneğin etrafta oluşacak bir yangının yağ tanklarını aşırı ısıtmasından dolayı BLEVE tarzı (kaynayan sıvı-genleşen buhar) patlaması patlamalar mümkün olabilir.

**Fuel Oil ve Atık Yağ Depo Alanları Alev Kaynakları**

OLASI ALEV KAYNAKLARI (EN1127-1)	EFEKTİF KAYNAK? EVET/HAYIR	PROSES İÇİN ETKİLİ BİR KAYNAK MI?
Sıcak Yüzeyler	Evet	1) HAYIR. Fuel-oil AIT değeri 330°C'dir ve depo alanında normalde bu sıcaklıkların oluşması mümkün değildir. 2) EVET. Fuel oil tankı içinde transfer sırasında akışkanlık sağlanması için ısıtma yapılmaktadır. Bu ısıtma sırasında kontrol kayıp edilirse veya anormal bir durumda ısının yükselmesi durumunda alevlenme olabilir.
Alev ve sıcak gazlar (aşırı ısınmış parçalar dahil, araçlar)	Evet	HAYIR. Sistem kapalı devre ve yabancı madde girme riski düşük.
Mekanik oluşan kıvılcım kaynakları (NFPA 654)	Evet	HAYIR. Sistemde yanıcı gazla temasta hareketli aksam yoktur.
Elektrikli Ekipman veya Elektrik Kaynakları	Evet	EVET. Ortamda ısıtma yapıldığı için parlayıcı sıvı buharını oluşması mümkündür. Kullanılan elektrikli ekipman uygun olmalıdır.
Yabancı Maddeler (ekipman içine kaçan metal parçalar)	EVET	HAYIR. Kapalı sistem kaçak girme olasılığı düşük.
Kontrolsüz Elektrik Akımları, katodik korozyon koruması (sıvılar için)	HAYIR	
Statik Elektrik		
Korona Boşalımı	HAYIR	
Brush Boşalımı	HAYIR	
Propogating Brush Boşalımı	HAYIR	
Bulking Brush (Cone) Boşalımı	HAYIR	
Kıvılcım Boşalımı	EVET	HAYIR. Sistemin toprak bağlantısı mevcuttur.
Yıldırım	EVET	HAYIR. Paratoner mevcut. NOT: Paratonerin düzenli bakımı yapılmalıdır.

Radyo Frekansı 10^4 Hz - 3×10^{11} Hz	HAYIR	
Elektromanyetik Dalgalar 3×10^{11} - 10^{15} Hz arası	HAYIR	
iyonlaşma Radyasyonu	HAYIR	
Ultrasonik kaynaklar	HAYIR	
Adiyabatik Sıkışma ve Şok Dalgası	EVET	HAYIR. Adiyabatik sıkışmanın oluşacağı prosesler ve reaksiyonlar yok.
Ekzotermik Reaksiyon ve içten yanma	EVET	Hayır.

Tablo 47 – Fuel-Oil ve Atık Yağ Depo Alanları Alev Kaynakları (EN 1127-1)

6.4 Gaz/Buhar Kaynaklı Patlamalara Karşı Tedbirler

Patlamalara karşı alınması gereken tedbirler iki ana başlık altında özetlenebilir;

- Patlamaların oluşmasını engelleyici tedbirler
- Patlamaların etkilerini azaltacak tedbirler

Patlamalara karşı güvenlik stratejileri genellikle bu iki metodun elemanlarını içerir. Amaç, öncelikle patlamaların oluşturacağı ortamı uzaklaştırmaktır. Patlayıcı gaz veya buhar birikimini veya oluşumunu engellemek, alev kaynaklarını ortadan kaldırmak gibi tedbirler düşünülebilir. Ancak bunları yapmak her zaman mümkün değildir. Dolayısıyla patlayıcı gaz ve buharların bulunduğu tesislerde önleyici ve engelleyici tedbirler almak ve bunları şirket içinde prosedürlerle kontrol etmek ve uygulamak gerekmektedir. Aşağıda endüstri standartları (NFPA 30B, 497, ATEX 137, EN 14460, EN 14797, EN 14373, EN 15089, EN ISO 16852) önerilen metodlar sıralanmıştır. Aşağıdakilerin uygun olan kombinasyonları üretim tesislerince ATEX 137 uyumluluğu çerçevesince uygulanmalıdır.

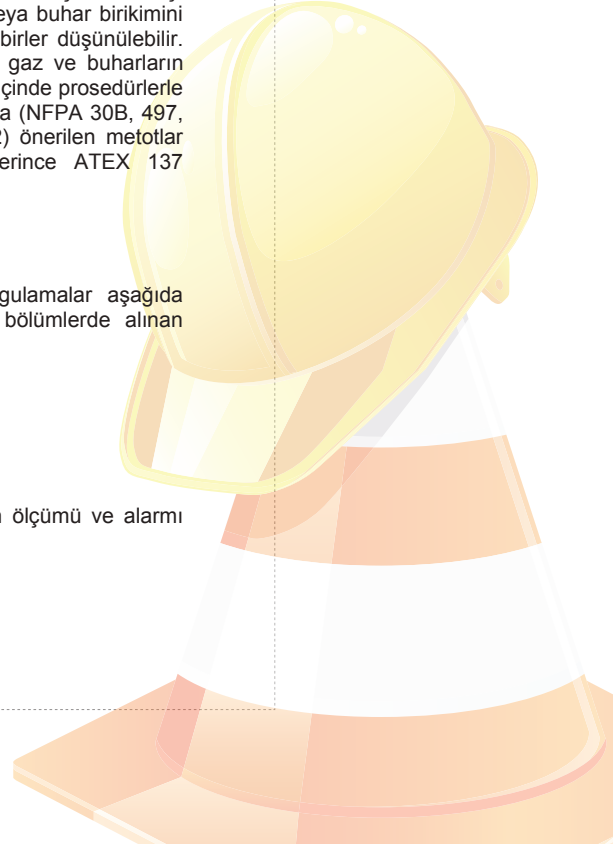
6.4.1 Patlamadan Korunma Sistem Alternatifleri

Patlama engelleme ile alakalı standartlarca belirlenen önlemler ve uygulamalar aşağıda tanımlanmıştır. Örnek olarak incelenen tesiste risk analizinin yapıldığı bölümlerde alınan tedbirler aşağıda verilmiştir.

6.4.1.1 Patlama Engelleme (Explosion Prevention)

Alev Kaynakları Kontrolü

- Topraklama ve Bond Bağlantısı (TB)
- Rulmanlarda ve hareketli sistemlerde aşırı ısınma veya vibrasyon ölçümü ve alarmı (Isı, vibrasyon)
- Kaçak Gaz Sensörü ve Alarmı (GS)
- Kıvılcım Algılama ve Söndürme Sistemleri (SD)
- Yakma haznesi ve bacada oksijen miktarı ölçümü (OS)
- Alevlenme Kontrol Mekanizması, İgnition Control (IC)
- EX uyumlu ekipman kullanımı (EX)





6.4.1.2 Prosedürel Kontroller (PK)

- Düzenli yapılan patlamadan korunma eğitimi
- Tedarikçi ve alt işveren çalışanları eğitim programı
- Fabrika içi olası ısı kaynaklarının teftiş programı
- Değişim yönetimi (management of change programı - MOC)
- Patlayıcı alanların sınıflandırılması (Zone 0,1,2, 20, 21,22)
- Isıl işlem izinleri (hot work permit)
- Açıkta alev olmaması ve sigara yasakları
- Patlayıcı ortamlarda bulunan ekipmanlarda İş İzinleri (planlı ve plansız bakım ve onarım)

6.4.1.3 Patlamadan Korunma Metotları (Explosion Protection)

- İhtiva etmek (Containment) (C)
- Oksijen azaltılması (Inerting) (OA)
- Sunni veya Tabi Havalandırma – (SH veya TH)
- Basınç Tahliye Vanaları- pressure relief vents (PR)
- Patlama tahliye kapakları/ventleri (PV)
- Patlama söndürme (PS)
- Patlama İzolasyon (PI)

6.4.2 Örnek Doğal Gaz Isı Santralinde Tipik Olarak Kullanılan Patlamadan Korunma Önlemleri

Çimento fabrikası içinde kullanılan doğal gaz ile buhar üretilmektedir. Kullanılan kazan sistemi yarı otomatik olarak çalışmakta ve birçok vana manuel olarak kontrol edilmektedir. Pilot olarak LPG kullanılmaktadır. Bakım grubu haftalık ve aylık olarak düzenli kaçak ölçümleri ve bakım yapmaktadır. Yerel gaz dağıtım şirketi ise haftalık olarak gaz ana dağıtım bölgesinin bakımını yapmaktadır. Bazı bölümlerde noktasal ölçüm için doğal gaz sensörleri bina içinde ve dışında kullanılmıştır. Ancak doğal gaz kaçıkları yükselerek yukarıdaki olası alanlarda (örnek çatı veya tavan bölgesi) birikim yapacaktır. Dolayısıyla bu tarz kaçak ölçümleri birden fazla noktada olası kaçak alanlarında yapılmalıdır. Bu şekilde erken uyarı yapılabilir. Bunun dışında pilot amaçlı kullanılan LPG hatlarında herhangi bir kaçak sensörü kullanılmamaktadır. LPG sensörlerinin de bina içi ve dışında bulunması kaçak risklerini azaltacaktır. Aynı zamanda LPG tüplerinin depolandığı alanın olası kaçak gazı biriktirmeyecek şekilde tasarlanması gerekir.

Gaz hatlarında regülatörler ve basınç-tahliye (pressure relief) vanaları mevcuttur. Olası aşırı gaz basıncı artışlarında bu sistemler devreye girerek, fazla gazı bina dışındaki üst bölgelerdeki tahliye borularına yönlendirmektedir.

Bina içinde sprinkler tarzı yangın söndürme sistemleri vardır; ancak tavanlar çok yüksek ve bina hacimleri çok büyüktür dolayısıyla algılama ve söndürme işlemleri yavaş kalabilir. Bu tarz yangın riskleri bu kılavuzun dışındadır. Ancak yangın risk analizi yapılarak, noktasal yangın algılama ve söndürme ihtiyaçları belirlenmelidir.

Aşağıda Çimento fabrikalarında kullanılan Buhar Santrali ve Gaz Dağıtım Alanlarındaki risk analizini kapsayan bölümlerde kullanılan patlamadan korunma yöntemleri sıralanmıştır.

			Patlamalara Karşı Tedbirler			Yangın Engelleyici Önlemler		
Tanım	Alan Kodu	Ekipman	Patlama Engelleme	Prosedürel	Patlamadan Korunma	Yangın Sensörü	Yangın Söndürme	Yangın Kapağı
Ana Gaz Giriş Alanı	Ana Gaz	Pano içi, gaz vanaları, sensörler ve bağlantıları	EX proof ekipman	Periyodik Bakım	PR, TH			
Buhar Santrali	Isı	Sensörler, ölçüm cihazları, burülör kontrol vanaları, regülatör	GS, OS, EX	Gaz Ölçümleri	PR, TH	X	X	

Tablo 48 - Kullanılan Patlamadan Korunma Önlemleri

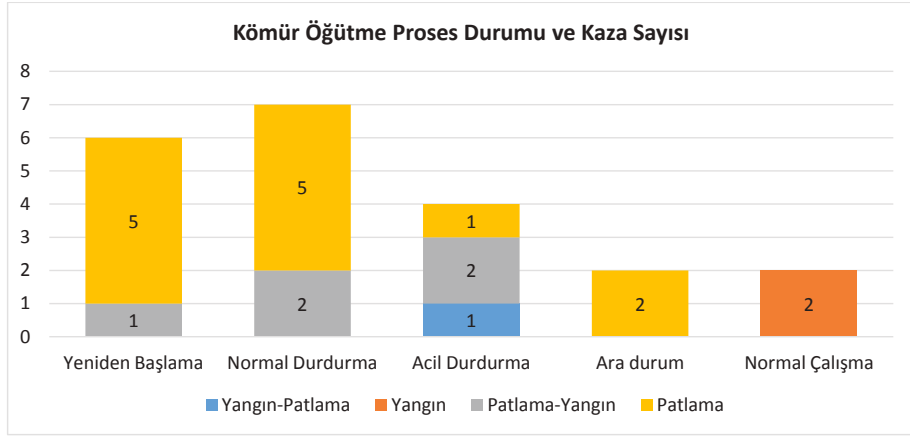




7. ÇİMENTO FABRİKALARINDA KÖMÜR/ATY İŞLEME PROSELERİ VE ENERJİ SANTRALLERİNDE RİSKLERİN TAHMİNİ

Kullanılan patlama engelleyici metotlar, alev kaynakları, proses ve alanların ZONE sınıfları göz önüne alınarak, prosesler içinde olası tehlike senaryoları ve bu senaryoların risk seviyeleri bu bölümde özetlenmiştir. Analizler yapılırken, özellikle kaçaklar belirlenirken ve alev kaynakları analiz edilirken sadece normal durumlar değil, proseste oluşacak anormal durumlar ve ilk-başlangıç, acil duruş gibi durumlarda incelenmelidir.

ABD Maden Bakanlığı'nın yaptığı bir çalışmada, kömür öğütme tesislerinde oluşan yangın ve patlama durumlarına bakıldığında aşağıdaki veriler ortaya çıkmıştır;



Grafik 10 – 1975 - 1984 Arası Kömür Öğütme Tesislerinde Gerçekleşen 26 Adet Olay³²

Bu istatistiklere göre, patlamaların çoğu durdurma ve yeniden çalıştırma anlarında oluşmaktadır. Dolayısıyla risk analizlerinde bu durumlar dikkatle incelenmelidir.

Örnek üzerinde uygulanan prosedür aşağıdaki bölümlerde detaylandırılmıştır. Risk analizi farklı metotlar kullanılarak yapılabilir. Bu kılavuzun amacı risk analizinde gerekli olan bilginin nasıl elde edileceğini göstermektir. Kullanıcılar istedikleri metodu kullanarak aşağıdaki örneğe benzer sonuçlar çıkartabilirler.

7.1 İzlenen Metodoloji

Kılavuzda kullanılan risk tahmininde nicel analiz metodlarından olan FMEA ve HAZOP metotlarının toz ve gaz patlamalarına uyarlanmış hali kullanılmıştır. Uygulanacak metotların EN1127-1³³, ATEX 137³⁴ de belirlenen risk analizi elemanlarının tamamını içermesi gerekmektedir.

³²Zalosh on Coal Pulverizer Fires and Explosions (ABD Maden Bakanlığı).

³³EN 1127-1 2011 Edition, "Explosive atmospheres – Explosion prevention and protection – Part 1: Basic concepts and methodology," hazards from explosions.

³⁴<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2000:023:0057:0064:en:PDF>.

Kullanılan örnek çimento fabrikası için (detaylar ZONE analizi kısmında verilmiştir) izlenen prosedürler ve risk matrisi aşağıda özetlenmiştir. Analizlerde kullanılacak veriler, teftiş sırasında gözlemlenen, fabrika çalışanları tarafından sağlanan, tedarikçilerden alınan ve toz patlamaları ile alakalı standartlar ve literatürden toplanan verileri kapsayacaktır. Risk analizi tek kişinin yapacağı bir iş değildir. Analiz prosesleri tanıyan ve bu amaçla oluşturulan bir grup tarafından yapılmalıdır. Risk analizinin adımlarının kontrollü yapılması ve bilginin düzenli toplanması için prosedürleri bilen bir Analiz Lideri süreci koordine eder.

Risk analizinde prosesler üzerinde metodun sistematik uygulanmasıyla olası tehlikeli durum ve kaza halleri belirlenerek, bunların kritik hallerine göre sıralanması yapılmalıdır. Kılavuzda uygulanan prosedürün ana hatları EK - 4'de referans amaçlı verilmiştir. Ancak analiz metodunu seçmekte kullanıcılara serbesttir.

Analizde kullanılan Risk Matrisi aşağıda verilmiştir. Bu matris risk değerinin yüksekliğine göre öncelik sırasını belirlemektedir.

Özetle Risk (R), üç bileşenden oluşur;

P = Tehlikeli durum faktörü (hazard factor), tehlikeli ortam oluşma olasılığı

C = Tehlikeli durumun zarar oluşturma olasılığı

D = Zarar faktörü, zararın büyüklüğünün tahmini

Bu üç değer çarpımıyla, risk hesaplanır, **R = P * C * D**

Hesaplanan risk değerine göre, her prosesin önceliği belirlenir ve alınması gereken önlemlere karar verilir. Örnek uygulama elektronik ortamda yer alan Ek – 10'da verilmiştir.





Risk Değeri R	Sınıfı	Tanımı	Alınması Gereken Önlemler
R >= 18	Yüksek	Patlayıcı atmosfer oluşma olasılığı yüksek, alev kaynakları mevcut ve alevleme oluşması için olasılık yüksek, mal ve çalışanlara zarar verme olasılığı yüksek. Patlamanın diğer proseslere yayılma olasılığı yüksek.	Hemen gerekli risk azaltıcı önlemleri alarak riski ve etkilerini azalt. Alınan önlemleri takiben tekrar teftiş ve değerlendirme yap.
9 <= R <= 18	Orta	Patlayıcı atmosfer oluşma olasılığı sınırlı. Efektif alev kaynakları oluşabilir. Patlama halinde etkileri nispeten düşük durumda. Dolayısıyla çalışanlara ve mala gelecek zarar nispeten düşük. Patlamanın yayılma riski sınırlı.	Etkilere maruz kalınma olasılığı nispeten yüksek, dolayısıyla gerekli korunma önlemlerini alarak riski düşür. Alınacak önlemler işveren sorumluluğunda kontrol edilebilir.
1 <= R <= 9	Düşük	Patlayıcı atmosferin oluşma olasılığı son derece düşük. Bununla beraber alev kaynaklarının oluşma olasılığı ve etkileride aynı şekilde düşük. Etkilere maruz kalınma ölçüsü düşük, can ve mala zarar çok sınırlı. Patlamanın yayılma olasılığı ve etkisi son derece sınırlı.	Risk azaltıcı önlemler gerekli görülürse ve makul şekilde yapılabilir.
İhmal Edilebilir	İhmal Edilebilir	Patlayıcı atmosfer oluşma olasılığı neredeyse yok denecek kadar düşük. Efektif alev kaynakları yok. Patlama etkilerine maruz kalınması olasılığı neredeyse yok. Can ve mal kaybı riski yok. Patlamanın yayılma olasılığı yok.	Daha fazla önlem almaya gerek yok.

Tablo 49 – Risk Matrisi – Risk seviyesi ve Önlem Önceliği Belirleyici Tablo

7.2 Örnek Kömür ve ATY Tesisinde Risk Analizi Belirlenmesi

Analizde, daha önceki bölümlerde ZONE çalışması ve alev kaynakları analizi yapılan prosesler kullanılmıştır. Risk analizi sonucunda aşağıdaki risk değerleri ortaya çıkmıştır. Bunun devamında risk azaltıcı önlemler eklenerek, risk matrisi baştan değerlendirilmiştir. Bu şekilde prosesin önceki hali ve riskin azaltılmış hali ortaya çıkacaktır. Aşağıda Risk Değerleri, **R=9 ve üzerinde** (orta seviye ve üzeri) listelenmiştir.

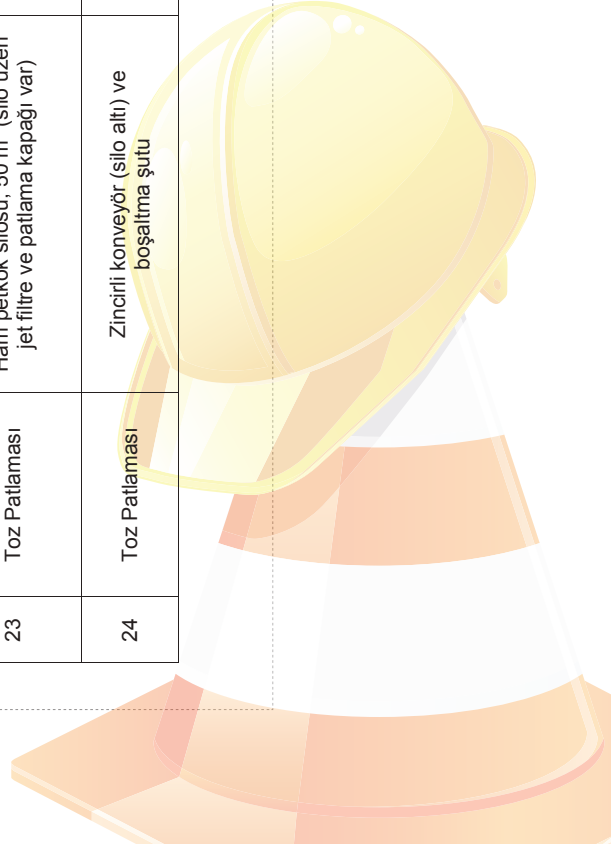
No	Operasyonel Sapma	Ekipman / Alan	Kaza/Bozulma Senaryosu	Risk Derecesi
1	Gaz/Toz Patlaması	ATY ikincil öğütücü besleme haznesi	Bağlantılı prosesten alev veya yanan malzeme kaçıışı veya yabancı madde kaçıışı ve kıvılcım oluşumu	30,9
2	Toz Patlaması	ATY birincil ve ikincil öğütücü öğütme haznesi	Kesme işleminden dolayı oluşan kıvılcımın malzemeyi alevlendirmesi ve patlama	30,9
3	Gaz Patlaması	Ham linyit silosu, 50m ³ (silo üzeri filtre yok) (patlama kapakları mevcut)	Silo üzeri metan gazı birikimi ve içten yanan malzeme veya besleme sırasında elektrostatik alevlenme	29,8
4	Toz Patlaması	Ham kömür taşıma konveyör hattı transfer noktası jet filtreleri (patlama kapağı var)	Prosesten kıvılcım, kaçak metal madde veya içten yanan kömürün toplayıcıya kaçıışı ve patlamanın yayılması	28,4
5	Toz Patlaması	Stokhol boşaltma konveyörü transfer hattı jet filtresi (patlama kapağı var)	Prosesten kıvılcım, kaçak metal madde veya içten yanan kömürün toplayıcıya kaçıışı ve patlamanın yayılması	28,4
6	Toz Patlaması	ATY kapalı konveyör hatları	Öğütücü veya tozsuzlaştırmada oluşacak patlamanın konveyör hatlarına geçerek malzemeyi alevlendirmesi	23,1
7	Toz Patlaması	Kovalı elevatör	Kayış kaymasından dolayı kafa veya ayak kısmında alevlenme	21,1





8	Toz Patlaması	Kovall elevatör	Kurutucu çıkışı kıvılcım veya yanan malzemem kaçıışı	21,1
9	Gaz Patlaması	Ham linyit silosu, 50 m ³ (silo üzeri filtre yok ancak patlama kapakları var)	Bakım sırasında metan biriken yer civarı sıcak iş yapılması (kesim, kaynak, vs...)	20,95
10	Toz Patlaması	Yer altı kömür konveyör hattı jet filtresi (patlama kapağı yok)	Toplayıcı içinde, torba kafeslerinde ve madde giriş borusunda elektrostatik yüklenmeden dolayı alevlenme ve patlamanın dışarı dağılımı	20,45
11	Toz Patlaması	Yer altı kömür konveyör hattı jet filtresi (patlama kapağı yok)	Prosesten kıvılcım, kaçak metal madde veya içten yanan kömürün toplayıcıya kaçıışı ve patlamanın yayılması	20,45
12	Toz Patlaması	ATY jet filtre	Toplayıcı içinde, torba kafeslerinde ve madde giriş borusunda elektrostatik yüklenmeden dolayı alevlenme ve patlamanın dışarı dağılımı	18,7
13	Toz Patlaması	ATY jet filtre	Prosesten kıvılcım, kaçak metal madde veyakıvılcımların toplayıcıya kaçıışı ve patlamanın yayılması	18,7
14	Toz Patlaması	ATY jet filtre	Bağlantılı proseste oluşacak patlamanın filtreye geçişi	18,7
15	Toz Patlaması	Toz kömür silosu (patlama kapakları ve tozsuzlaştırma var)	Bağlantılı hatlarda olası patlamanın silo içine geçişi	18,4
16	Toz Patlaması	Ham kömür taşıma konveyör hattı transfer noktası jet filtresi (patlama kapağı var)	Toplayıcı içinde, torba kafeslerinde ve madde giriş borusunda elektrostatik yüklenmeden dolayı alevlenme ve patlamanın dışarı dağılımı	17,45

17	Toz Patlaması	Stokhol boşaltma konveyörü transfer hattı jet filtresi (patlama kapağı var)	Toplayıcı içinde, torba kafeslerinde ve madde giriş borusunda elektrostatik yüklenmeden dolayı alevlenme ve patlamanın dışarı dağılımı	17,45
18	Gaz/Toz Patlaması	ATY birincil öğütücü Besleme Haznesi	Frontend yüklemesinde yabancı madde girişi ve patlama	17,45
19	Toz Patlaması	Ham Linyit silosu, 50m ³ (silo üzeri filtre yok ancak patlama kapakları var)	Silo beslemesinde içeri yanan malzemenin veya metal parça kaçıışı veya silo içi içten yanma gerçekleşmesinden dolayı silo dolumu/boşaltımı sırasında tozun alevlenmesi	16,8
20	Toz Patlaması	Toz kömür silosu (patlama kapakları ve tozsuzlaştırma var)	Bağılantılı besleme konveyöründen olası kıvılcım veya yanan malzemenin siloya kaçıışı	15,4
21	Toz Patlaması	ATY kapalı konveyör hatları	Konveyörlerde sürtünmeden dolayı aşırı ısınma ve malzemenin yanması ile transfer şutunda patlama	15,3
22	Toz Patlaması	Ham petkok silosu, 50 m ³ (silo üzeri jet filtre ve patlama kapağı var)	Silo beslemesinde içeri yanan malzemenin veya metal parça kaçıışı veya silo içi içten yanma gerçekleşmesinden dolayı silo dolumu/boşaltımı sırasında tozun alevlenmesi	14,8
23	Toz Patlaması	Ham petkok silosu, 50 m ³ (silo üzeri jet filtre ve patlama kapağı var)	Bakım sırasında sıcak iş yapılmasından dolayı silo içinde biriken tozların alev alması ve tekrar besleme sırasında toz bulutuu alevlenmesi	14,8
24	Toz Patlaması	Zincirli konveyör (silo altı) ve boşaltma şutu	Silo içinde oluşacak patlamanın veya alevin konveyöre girerek içinde toz bulutu oluşturup patlama yaratması	14,8





25	Toz Patlaması	Dikey öğütücü ve boru bağlantısı (patlama kapakları kullanılıyor)	Oksijen yükseldiği anda çarpmadan oluşan kıvılcımın malzemeyi alevlendirmesi	14,8
26	Toz Patlaması	Dikey öğütücü ve boru bağlantısı (patlama kapakları kullanılıyor)	Yabancı maddenin sistem içine kaçışı ve O ₂ yüksek olduğu durumda patlama	14,8
27	Toz Patlaması	Konveyör hol/köprüsü içi	Toz toplayıcıda olası patlamanın holler içine ve transfer noktalarına kaçışı ve yerdeki ve konveyör bantlarındaki tozlarda ikincil patlama oluşturması	14,6
28	Toz Patlaması	Toz kömür jet filtresi (patlama kapakları ve diverter vana girişte var)	Öğütücü de oluşacak patlamanın filtre içinde patlama yaratması	14,6
29	Toz Patlaması	Toz kömür jet filtresi (patlama kapakları ve diverter vana girişte var)	Jet filtre hopperinde içten yanan malzemenin yeniden başlama sırasında O ₂ oranı yüksekken alev alması	14,6
30	Toz Patlaması	Kovalı elevatör	Kafa kısmındaki rulmanlarda aşırı ısınma tozu alevler ve patlama yaratır	13,8
31	Toz Patlaması	Kovalı elevatör	Ekipman içinde elektrostatik kaynağın toz bulutunu alevlendirmesi	13,8
32	Toz Patlaması	Kovalı elevatör	Bağlantılı proseslerde oluşacak patlama alevinin proses girişi (kurutucu veya toz filtresi)	13,8
33	Toz Patlaması	Yer altı konveyör katı	Toz toplayıcıda olası patlamanın bina içine ve transfer noktalarına kaçışı ve yerdeki ve konveyör bantlarındaki tozlarda ikincil patlama oluşturması	12,6

34	Toz Patlaması	Toz kömür jet filtresi (patlama kapakları ve diverter vana girişte var)	Bakım sırasında filtre iç yüzeylerde biriken malzemenin alev alması ve başlama sırasında patlama yaratması	12,6
35	Toz Patlaması	Döner kurutucu	Besleme konveyöründen yanan malzemenin kurutucu içine kaçarak patlama yaratması	12,3
36	Toz Patlaması	Döner kurutucu	Bağlantılı proseslerde oluşacak patlama alevinin girişi	12,3
37	İkincil Patlama	ATY üretim Alanı	ATY tesisinde oluşacak patlamanın bina içinde biriken tozları alevlendirmesi	12,3
38	Toz Patlaması	Drum seperatör	Bağlantılı ekipmanda olası patlamanın veya kıvılcımın sistem içine kaçıışı ve patlama yaratması	12,3
39	Toz Patlaması	ATY silosu	Bağlantılı ekipmanda olası patlamanın veya kıvılcımın sistem içine kaçıışı ve patlama yaratması	12,3
40	Toz Patlaması	ATY silosu	Silo içi içten yanma ve sonrasında doldurma sırasında alevlenme	12,3
41	Flash Yangın	Kömür stokholü	Bağlantılı konveyör hollerinde olası patlamanın stokhol binasının geçişi ve alev topu ve basıncın stokholdeki biriken tozu alevlendirmesi	11,4
42	İkincil Patlama	Elevatör binası	Elevatörde olası patlamanın bina içinde dağılımı	11,4
43	Toz Patlaması	Statik seperatör (patlama kapağı var)	Öğütücü veya filtrede oluşacak patlamanın seperatör içinde patlama yaratması	9,6

Tablo 50 – Örnek Kömür ve ATY İşleme Tesislerinde Risk Tahminleri



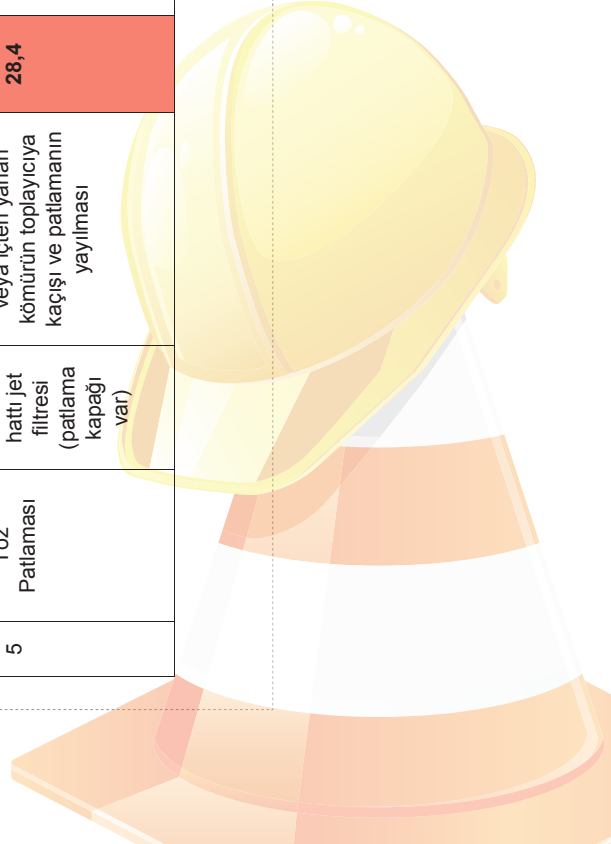


7.2.1 Risk Azaltıcı Önlemler ve Bu Önlemler Alındıktan Sonraki Hesaplanan Yeni Risk Değerleri (Kömür ve ATY Prosesleri)

Kullanılan risk matrisine göre risk değeri 18 üzeri olanlar kritik ve 9 ila 18 arası olanlar orta risk grubuna girmektedir. Alınacak kanıtlanmış önlemlere bu riskler kabul edilebilir seviyeye indirilebilir. Patlamadan korunma dokümanı hazırlarken yapılan risk analizlerinin en önemli uygulamalarından birisi budur. Şirketlerin kendi seçtikleri kabul edilebilir risk değerleri doğrultusunda, risk azaltıcı önlemler incelenir ve uygun olanlar seçilir. Buna göre yeni risk değerleri ortaya çıkacaktır.

No	Şu Andaki Durum			Önerilen Tedbirler ve Yeni Risk Değeri				
	Operasyonel Sapma	Ekipman/Alan	Kaza/Bozulma Senaryosu	Risk Derecesi	Pasif Metotlar	Aktif Metotlar	Prosedürler	Risk Derecesi
1	Gaz/Toz Patlaması	ATY İkincil öğütücü Besleme Haznesi	Bağılantılı prosesten alev veya yanan malzeme kaçıışı veya yabancı madde kaçıışı ve kıvılcım oluşumu	30,9		1) Patlama izolasyon sistemi ile yayılma etkisini azalt 2) Oluşacak kıvılcımları söndürmek için kıvılcım ve söndürme sistemi kullan		6,5
2	Toz Patlaması	ATY Birincil ve İkincil öğütücü öğütme Haznesi	Kesme işleminden dolayı oluşan kıvılcımın malzemeyi alevlendirmesi ve patlama	30,9		1) Patlama izolasyon sistemi ile yayılma etkisini azalat 2) Oluşacak kıvılcımları söndürmek için kıvılcım ve söndürme sistemi kullan		6,5

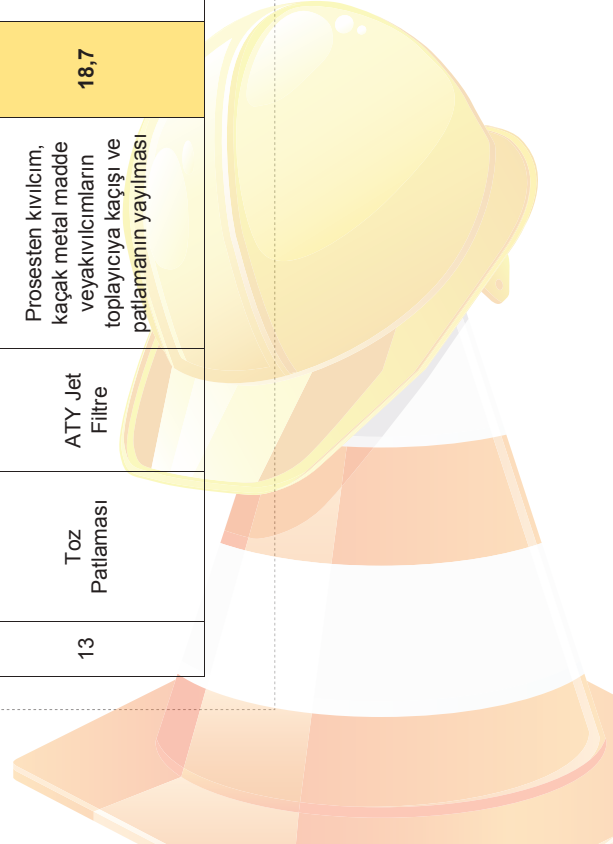
3	Gaz Patlaması	Ham Linyit silosu, 50 m ³ (silo üzeri filtre yok) (patlama kapakları mevcut)	Silo üzeri metan gazı birikimi ve içten yanan malzeme veya besleme sırasında elektrostatik alevlenme	29,8	1) Konveyör hattı ve şutlar arası topraklama ve bond bağlantısı 2) Silo içi sıcaklık ölçümü ve alarmları 3) Silo içi yangın söndürme	1) Silo üzeri havalandırma veya filtre kullanımı	1) Silo içlerinde periyodik metan gazı ölçümü	6
4	Toz Patlaması	Ham kömür taşıma konveyör hattı transfer noktası jet filtreleri (patlama kapağı var)	Prosesten kıvılcım, kaçak metal madde veya içten yanan kömürün toplayıcıya kaçağı ve patlamanın yayılması	28,4		1) Jet filtre giriş borularında patlama izolasyonu kullanımı 2) Konveyör hattında IR sıcaklık ölçümü ve alarm	içten yanan stok alanında belirlenmesi	5,5
5	Toz Patlaması	Stokhol boşaltma konveyörü transfer hattı jet filtresi (patlama kapağı var)	Prosesten kıvılcım, kaçak metal madde veya içten yanan kömürün toplayıcıya kaçağı ve patlamanın yayılması	28,4		1) Jet filtre giriş borularında patlama izolasyonu kullanımı 2) Konveyör hattında IR sıcaklık ölçümü ve alarm	IR ölçümü ile konveyör hattı beslenmesinde içten yanan malzemenin algılanması	5,5





6	Toz Patlaması	ATY Kapalı konveyör hatları	Öğütücü veya tozsuzlaştırıcı oluşturma patlamasının konveyör hatlarına geçerek malzemeyi alevlendirmesi	23,1		1)Bağıntılı borularda patlama izolasyonu kullanımı	6,5	
7	Toz Patlaması	Kovalı Elevatör	Kayıp kaymasından dolayı kafa veya ayak kısmında alevlenme	21,1	1) Elevatörde kayış durumu ölçüsü ve alarmı	1) Elevatörde patlama vent kullanımı veya 2) Patlama söndürme uygulaması ve tozsuzlaştırma ve ürün çıkış borularında patlama izolasyonu uygulanması 3) Kurutucu çıkışı Spark Detection kullanımı	6,5	
8	Toz Patlaması	Kovalı Elevatör	Kurutucu çıkışı kıvılcım veya yanan malzeme kaçı	21,1		Tozsuzlaştırma ve ürün çıkış borularında patlama izolasyonu uygulanması	6,5	
9	Gaz Patlaması	Ham Linyit silosu, 50 m ³ (silo üzeri filtre yok ancak patlama kapakları var)	Bakım sırasında metan biriken yer civarı sıcak iş yapılması (kesim, kaynak, vs...)	20,95		1) silo için metan gazı ölçümü	4,5	1) Sıcak işlem öncesi ortamdaki yanıcı gazların ve/veya toz birikimlerinin incelenmesi varsa temizlenmesi

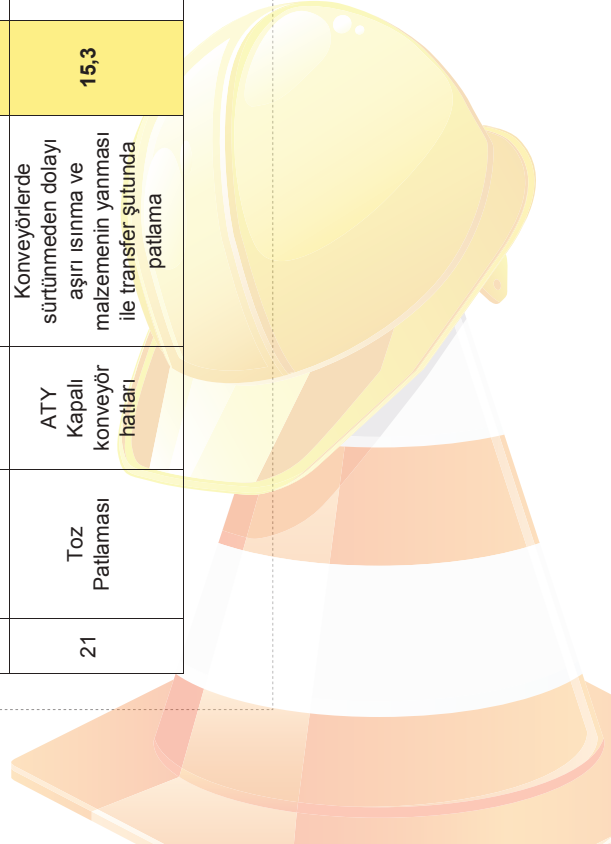
10	Toz Patlaması	Yer altı kömür konveyör hattı jet filtresi (patlama kapağı yok)	Toplayıcı içinde, torba kafeslerinde ve madde giriş borusunda elektrostatik yüklenmeden dolayı alevlenme ve patlamanın dışarı dağılımı	20,45	Topraklama ve bond bağlantılarının eksiksiz yapılması	1) Jet filtreye patlama ventili kullanımı 2) Giriş borularında patlama izolasyonu kullanımı 3) Konveyör hattında IR sıcaklık ölçümü ve alarm	5,5
11	Toz Patlaması	Yer altı kömür konveyör hattı jet filtresi (patlama kapağı yok)	Prosesten kıvılcım, kaçak metal madde veya içten yanan kömürün toplayıcıya kaçıışı ve patlamanın yayılması	20,45		1) Jet filtreye patlama ventili kullanımı 2) Giriş borularında patlama izolasyonu kullanımı 3) Konveyör hattında IR sıcaklık ölçümü ve alarm	5,5
12	Toz Patlaması	ATY Jet Filtre	Toplayıcı içinde, torba kafeslerinde ve madde giriş borusunda elektrostatik yüklenmeden dolayı alevlenme ve patlamanın dışarı dağılımı	18,7	Topraklama ve bond bağlantılarının eksiksiz yapılması	1) Jet filtrede patlama kapakları 2) Giriş borusunda patlama izolasyonu 3) Kıvılcım oluşacak öğütme hatlarında kıvılcım detektörleri kullanımı	4,5
13	Toz Patlaması	ATY Jet Filtre	Prosesten kıvılcım, kaçak metal madde veya kıvılcıkların toplayıcıya kaçıışı ve patlamanın yayılması	18,7		1) Jet filtrede patlama kapakları 2) Giriş borusunda patlama izolasyonu 3) Kıvılcım oluşacak öğütme hatlarında kıvılcım detektörleri kullanımı	4,5





14	Toz Patlaması	ATY Jet Filtre	Bağılantılı prosese oluşacak patlamanın filtreye geçişi	18,7		1) Jet filtrede patlama kapakları 2) Giriş borusunda patlama izolasyonu 3) Kıvılcım oluşacak öğütme hatlarında kıvılcım detektörleri kullanımı	4,5
15	Toz Patlaması	Toz kömür silosu (patlama kapakları ve tozsuzlaştırma var)	Bağılantılı hatlarda olası patlamanın silo içine geçişi	18,4		Silo çıkış borusu üzerinde patlama izolasyonu	7,5
16	Toz Patlaması	Ham kömür taşıma konveyör hattı transfer noktası (jet filtreleri (patlama kapakları var))	Toplayıcı içinde, torba kafeslerinde ve madde giriş borusunda elektrostatik yüklenmeden dolayı alevlenme ve patlamanın dışarı dağılımı	17,45	Topraklama ve bond bağlantılarının eksiksiz yapılması	1) Filtre Giriş borularında patlama izolasyonu kullanımı	5,5
17	Toz Patlaması	Stokhol boşaltma konveyörü transfer hattı (jet filtresi (patlama kapakları var))	Toplayıcı içinde, torba kafeslerinde ve madde giriş borusunda elektrostatik yüklenmeden dolayı alevlenme ve patlamanın dışarı dağılımı	17,45	Topraklama ve bond bağlantılarının eksiksiz yapılması	1) Jet filtrede patlama ventili kullanımı 2) Gril borularında patlama izolasyonu kullanımı	5,5

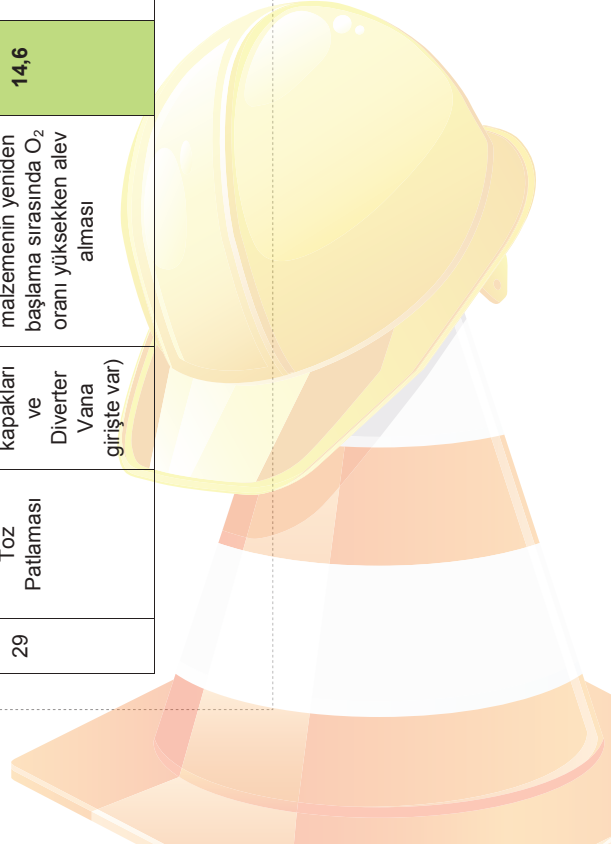
18	Gaz/Toz Patlaması	ATY Birincil öğütücü Besleme Haznesi	Frontend yüklemesinde yabancı madde girişi ve patlama	17,45	1) Konveyör ve metal tutucu ile ayrıştırma yapıktan sonra besle		1)Malzemenin görsel olarak aerosol ve metallerden ayrıştırılması	6,5
19	Toz Patlaması	Ham Linyit silosu, 50 m ³ (silo üzeri filtre yok ancak patlama kapakları var)	Silo beslemesinde içeri yanan malzemenin veya metal parça kaçıışı veya silo içi içten yanma gerçekleşmesinden dolayı silo dolumu/boşalımı sırasında tozun alevlenmesi	16,8		1) Silo üzeri jet filtre ise oluşan tozun uzaklaştırılması 2) Konveyör hatlarında IR sıcaklık ölçümü 3) Silo içi CO ölçümü	5	
20	Toz Patlaması	Toz kömür silosu (patlama kapakları ve tozsuzlaştırma var)	Bağlantılı besleme konveyöründen olası kıvılcım veya yanan malzemenin siloya kaçıışı	15,4		Bağlantılı ekipmanlarda alev kaçığını engelleyecek izolasyon	7,5	
21	Toz Patlaması	ATY Kapalı konveyör hatları	Konveyörlerde sürtünmeden dolayı aşırı ısınma ve malzemenin yanması ile transfer şutunda patlama	15,3		Konveyör dönüş hızı ve amper çekişinin takibi ve alarm	6,5	





22	Toz Patlaması	Ham Petkok silosu, 50m ³ (silo üzeri jet filtre ve patlama kapağı var)	Silo beslemesinde içeri yanan malzemenin veya metal parça kaçıışı veya silo içi için yanma gerçekleşmesinden dolayı silo dolumu/boşalımı sırasında tozun alevlenmesi	14,8	1) Konveyör hatlarında IR sıcaklık ölçümü 2) Silo içi CO ölçümü	5
23	Toz Patlaması	Ham Petkok silosu, 50m ³ (silo üzeri jet filtre ve patlama kapağı var)	Bakım sırasında sıcak iş yapılmasından dolayı silo içinde biriken tozların alev alması ve tekrar besleme sırasında toz bulutuu alevlenmesi	14,8	1) Sıcak işlem öncesi ortamdaki yanıcı gazların ve/veya toz birikimlerinin incelenmesi varsa temizlenmesi	4,5
24	Toz Patlaması	Zincirli konveyör (silo altı) ve boşaltma şutu	Silo içinde oluşacak patlamanın veya alevin konveyöre girerek içinde toz bulutu oluşturup patlama yaratması	14,8	1) Patlama basıncına dayanıklı tasarımı veya 2) Konveyör üzeri patlama söndürme sistemi veya vent	5
25	Toz Patlaması	Dikey Öğütücü ve boru bağlantısı (patlama kapakları kullanılmıyor)	Oksijen yükseldiği anda çarpmadan oluşan kıvılcımın malzemeyi alevlendirmesi	14,8	1) Öğütücü sıcak gaz besleme borusunda O ₂ ölçümü ve alarmı	6,5

26	Toz Patlaması	Dikey Öğütücü ve boru bağlantısı (patlama kapakları kullanılmıyor)	Yabancı maddenin sistem içine kaçıışı ve O ₂ yüksek olduğu durumda patlama	14,8		1) Besleme öncesi metal tutucu kullanımı	6,5
27	Toz Patlaması	Konveyör hol/köprüsü ü içi	Toz toplayıcıda olası patlamanın holler içine ve transfer noktalarına kaçıışı ve yerdeki ve konveyör bantlarındaki tozlarda ikincil patlama oluşturması	14,6		1) Jet filtre kirliliği hava borusu üzerine patlama izolasyonu sistemi	6
28	Toz Patlaması	Toz kömür Jet Filtresi (patlama kapakları ve Diverter Vana girişte var)	Öğütücüde oluşacak patlamanın filtre içinde patlama yaratması	14,6	Sistem içinde CO ₂ inertizasyonu kullanımı	1) Olası patlamalarda öğütücü ve filtre arası boruda patlama izolasyonu kullanılarak alevin geçişinin engellenmesi	7,5
29	Toz Patlaması	Toz kömür Jet Filtresi (patlama kapakları ve Diverter Vana girişte var)	Jet filtre hopperinde içten yanan malzemenin yeniden başlama sırasında O ₂ oranı yüksekken alev alması	14,6		1) Sistem durduğunda filtre içinde CO ve O ₂ ölçümleri yapılması ve CO ₂ inert sistemi kullanılması	7,5





30	Toz Patlaması	Kovall Elevatör	Kafa kısmındaki rulmanlarda aşırı ısınma tozu alevler ve patlama yaratır	13,8	Rulmanlarda sıcaklık ölçümü	1) Elevatörde patlama vent kullanımı veya 2) patlama söndürme uygulaması ve tozsuzlaştırma ve ürün çıkış borularında patlama izolasyonu uygulanması 3) Kurutucu çıkışı kıvılcım algılama (spark detection) kullanımı	6,5
31	Toz Patlaması	Kovall Elevatör	Ekipman içinde elektrostatik kaynağın toz bulutunu alevlendirmesi	13,8		1) Elevatörde patlama vent kullanımı veya 2) patlama söndürme uygulaması ve tozsuzlaştırma ve ürün çıkış borularında patlama izolasyonu uygulanması 3) Kurutucu çıkışı Spark Detection kullanımı	6,5

32	Toz Patlaması	Kovalı Elevatör	Bağlantılı proseslerde oluşacak patlama alevinin proses girişi (kurutucu veya toz filtresi)	13,8		1) Tozuzlaştırma ve ürün çıkış borularında patlama izolasyonu uygulanması	6,5
33	Toz Patlaması	Yer altı konveyör katı	Toz toplayıcıda olası patlamanın bina içine ve transfer noktalarına kaçışı ve yerdeki ve konveyör bantlarındaki tozla ilgili patlama oluşturması	12,6		1) Jet filtre kirliliği hava borusu üzerine patlama izolasyonu sistemi	6
34	Toz Patlaması	Toz kömür Jet Filtresi (patlama kapakları ve Diverter Vana girişte var)	Bakım sırasında filtre iç yüzeylerde biriken malzemenin alev alması ve başlama sırasında patlama yaratılması	12,6		Sıcak iş izinlerinde, ünicesinde ortamın tamamen yanıcı malzemeden temizlenmesi	7,5
35	Toz Patlaması	Döner kurutucu	Besleme konveyöründen yanan malzemenin kurutucu içine kaçarak patlama yaratması	12,3		1) Kurutucu besleme girişinde IR ölçümü	5,5
36	Toz Patlaması	Döner kurutucu	Bağlantılı proseslerde oluşacak patlama alevinin girişi	12,3		1) Bağlantılı ekipmanlarda patlama engelleyici sistem kullanımı	5,5

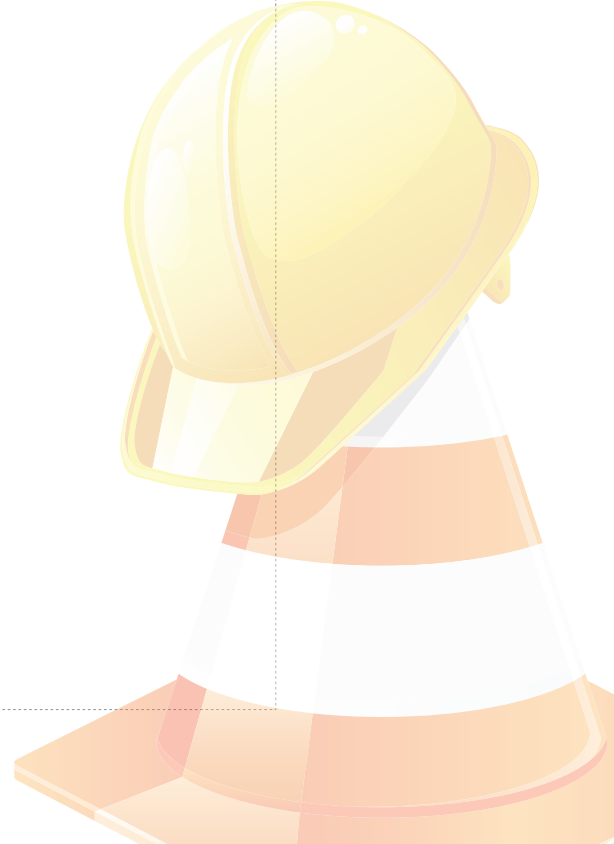




37	İkincil Patlama	ATY Üretim Alanı	ATY tesisinde oluşacak patlamanın bina içinde biriken tozları alevlendirmesi	12,3	Üretim alanının stok alanından duvar ile ayrılması		1) Ortamda düzenli temizlikle toz birikimini minimize et	6,9
38	Toz Patlaması	Drum seperatör	Bağlantılı ekipmanda olası patlamanın veya kıvılcımın sistem içine kaçaşı ve patlama yaratması	12,3		1) Jet filtre Giriş borularında patlama izolasyon kullanımı 2) Konveyör hattında IR sıcaklık ölçümü ve alarm		4,5
39	Toz Patlaması	ATY Silosu	Bağlantılı ekipmanda olası patlamanın veya kıvılcımın sistem içine kaçaşı ve patlama yaratması	12,3		1) Silo üzerinde patlama kapakları kullanımı 2) CO ve yanma gazları ölçümü ve alarm 3) besleme bandında aşırı ısının IR olarak ölçümü		4,5
40	Toz Patlaması	ATY Silosu	Silo içi içten yanma ve sonrasında doldurma sırasında alevlenme	12,3	Silo içi sprinkler veya yangın delüj sistemi kullanımı	1) Silo üzerinde patlama kapakları kullanımı 2) CO ve yanma gazları ölçümü ve alarm 3) besleme bandında aşırı ısının IR olarak ölçümü		4,5

41	Flash Yangın	Kömür Stokholü	Bağlantılı konveyör hollerinde olası patlamanın stokhol binasının geçişi ve alev topu ve basıncın stokholdeki biriken tozu alevlendirmesi	11,4	1) Olası jet filtre patlamasında konveyörlerin tamamen durdurulması 2) Holler içinde sprinkler yangın sistemi kullanılması	1) Jet filtreye patlama ventili kullanımı 2) Giriş borularında patlama izolasyonkullanımı 3) Konveyör hattında IR sıcaklık ölçümü ve alarm	Holler ve stokhol alanında depo dışı alanlardaki tozların vakum ile temizlenmesi	5
42	İkincil Patlama	Elevatör binası	Elevatörde olası patlamanın bina içinde dağılımı	11,4		1)Elevatörde patlama güvenlik kullanımı	Bina içi tozların planlı temizliği	6,5
43	Toz Patlaması	Statik seperatör (patlama kapağı var)	Öğütücü veya filtrede oluşacak patlamanın seperatör içinde patlama yaratması	9,6		1)Olası patlamalarda öğütücü ve filtre arası boruda patlama izolasyonu kullanılarak alevin geçişinin engellenmesi		5,5

Tablo 51 - Örnek İncelenen Proseslerde Risk Azaltıcı Önlemler Önerileri ve Yeni Risk Değerleri





7.3 Örnek Doğal Gaz Buhar Santralinde Risk Analizi Değerleri

Analizde, daha öncek bölümlerde ZONE çalışması ve alev kaynakları analizi yapılan doğal gaz ve LPG yakıtlarının kullanıldığı prosesler kullanılmıştır. Risk analizi değerlendirmesi sonucunda aşağıdaki risk değerleri ortaya çıkmıştır. Bunun devamında risk azaltıcı önlemler eklenerek, risk matrisi baştan değerlendirilmelidir. Bu şekilde prosenin önceki hali ve risk azaltılmış hali ortaya çıkacaktır. Aşağıda Risk Değerleri, **R=9 ve üzerinde** (orta seviye ve üzeri) listelenmiştir.

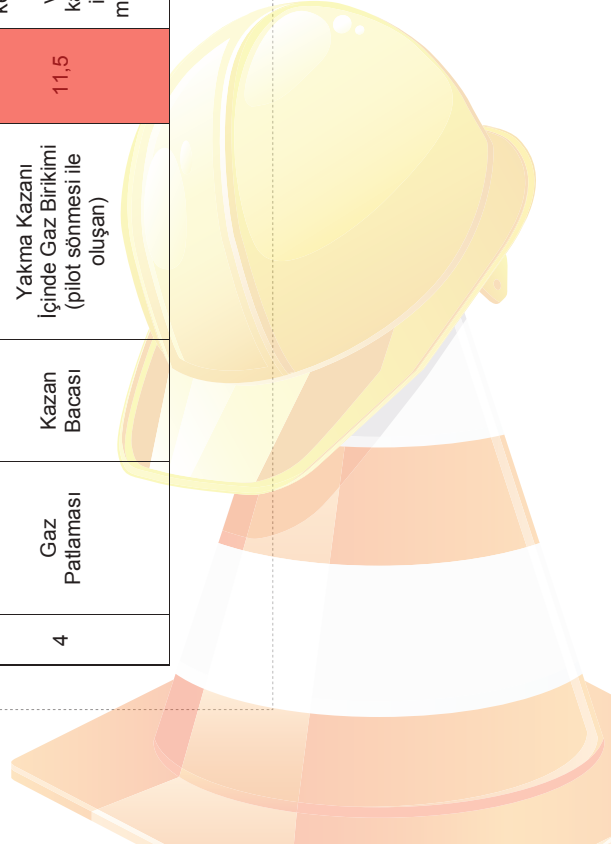
No	Operasyonel Sapma	Ekipman / Alan	Kaza/Bozulma Senaryosu	Risk Derecesi
1	Bina içi gaz patlaması	Gösterge flanj bağlantısı	Enerji Santrali Bina İçi, Korozyona Uğramış Basınç Göstergesi Kaçağı	16
2	Flaş Yangın, Parlama	Boru ağzı	Enerji santrali Bina Girişi, 3bar hattı, aşırı basınç tahliye borusu (Ana Ball Vana Açık)	12
3	Bina içi buhar patlaması	Vana bağlantı flanji	LPG Pilot Borusunda Kontrol Vanasından Kaçak	11,5
4	Gaz Patlaması	Kazan bacası	Yakma Kazanı İçinde Gaz Birikimi (pilot sönmesi ile oluşan)	11,5
5	Flaş Yangın, Parlama	Vana bağlantı flanji	LPG Tank Alanı, Plastik Boru Bağlantısı Kaçakları	10
6	Flaş Yangın, Parlama	Plastik boru	LPG Tank Alanı, vana açıkken, plastik borunun kopması ve bütün gazın kaçması	10
7	Bina içi gaz patlaması	Vana bağlantı flanji	Enerji santrali Bina İçi, Boiler Yanı Kontrol Vanası Kaçağı, 300mbar	10

Tablo 52 - Örnek Enerji Santralinde Risk Tahminleri

7.3.1 Risk Azaltıcı Önlemler ve Bu Önlemler Alındıktan Sonraki Hesaplanan Yeni Risk Değerleri (Doğal Gaz Buhar Santrali)

Kullanılan risk matrisine göre risk değeri 18 üzeri olanlar kritik ve 9 ve 18 arası olanlar orta risk grubuna girmektedir. Alınacak kanıtlanmış önlemlerle bu riskler kabul edilebilir seviyeye indirilebilirler. Patlamadan korunma dokümanı hazırlarken yapılan risk analizlerinin en önemli uygulamalarından birisi budur. Şirketlerin kendi seçtikleri kabul edilebilir risk değerleri doğrultusunda, risk azaltıcı önlemler incelenir ve uygun olanlar seçilir. Buna göre yeni risk değerleri ortaya çıkacaktır.

No	Şu Andaki Durum					Önerilen Tedbirler ve Yeni Risk Değeri		
	Operasyonel Sapma	Ekipman/Alan	Kaza/Bozulma Senaryosu	Risk Derecesi	Pasif Metotlar	Aktif Metotlar	Prosedürler	Risk Derecesi
1	Bina içi gaz patlaması	Gösterge flanş bağlantısı	Enerji santrali Bina içi, Korozyona Uğramış Basınç Göstergesi Kaçağı	16	Yeni vana kullanımı	Ek Doğal Gaz Ölücü ve Alarm	Bakım sırasında korozyonlu ekipmanların değişimi	6
2	Flaş Yangın, Parlama	Boru ağzı	Enerji santrali Bina Girişi, 3bar hattı, aşırı basınç tahliye borusu (Ana Ball Vana Açık)	12		Gaz Sensörü ve Alarm Kullanımı	Lockout/Tagout Kontrol Vanası İçin Prosedür Ekleme	7
3	Bina içi buhar patlaması	Vana Bağlantı Flanşı	LPG Pilot Borusunda Kontrol Vanasından Kaçak	11,5		Gaz kaçak sensörü ve alarm sistemi	Düzenli bakıma boru bağlantılarının eklenmesi	7,25
4	Gaz Patlaması	Kazan Bacası	Yakma Kazanı İçinde Gaz Birikimi (pilot sönmesi ile oluşan)	11,5	Elektrik kesintisinde ana gaz vanasının kapatılması için alarm mekanizması	Alevlenme kontrol alarm vererek yakıt beslemeyi durdurması		5

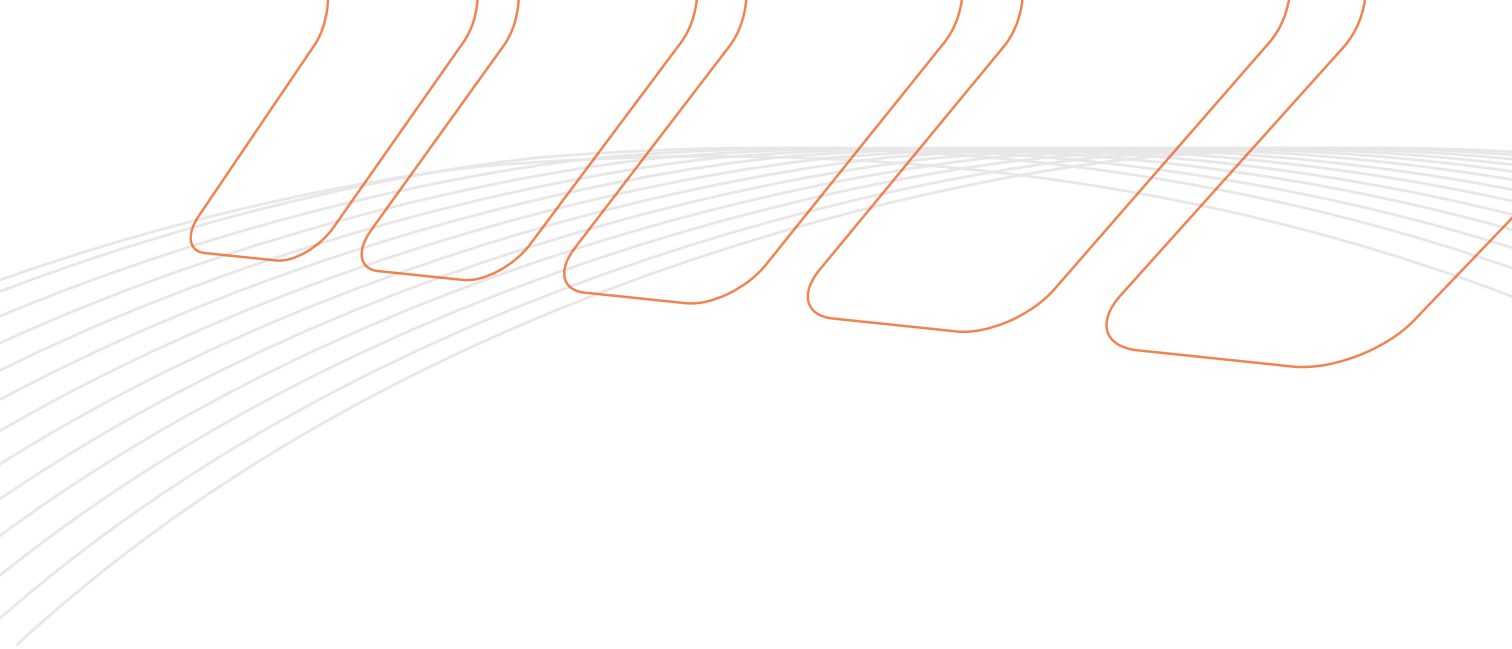




5	Flaş Yangın, Partlama	Vana Bağlantı Flanji	LPG Tank Alanı, Plastik Boru Bağlantısı Kaçakları	10	Flex plastik boru yerine metal boru kullanımı	Gaz kaçak sensörü ve alarm sistemi	Düzenli bakıma boru bağlantılarının eklenmesi	6
6	Flaş Yangın, Partlama	Plastik boru	LPG Tank Alanı, vana açırken, plastik borunun kopması ve bütün gazın kaçması	10	Flex plastik boru yerine metal boru kullanımı	Gaz kaçak sensörü ve alarm sistemi	Düzenli bakıma boru bağlantılarının eklenmesi	6
7	Bina içi gaz patlaması	Vana Bağlantı Flanji	Enerji santrali Bina İçi, Boiler Yanı Kontrol Vanası Kacağı, 300 mbar	10		Ek Doğal Gaz Ölçümü ve Alarm		6

Tablo 53 - Örnek İncelenen Proseslerde Risk Azaltıcı Önlemler Önerileri ve Yeni Risk Değerleri





ENDÜSTRİYEL
PATLAMALARDAN
KORUNMA KILAVUZU

E K L E R

EK - 1

148

**ÇALIŞANLARIN PATLAYICI ORTAMLARIN TEHLİKELERİNDEN KORUNMASI
HAKKINDA YÖNETMELİK EKLERİNİN ÖZETİ
(Resmi Gazete Tarihi 30 Nisan 2013)**

EK – 1 PATLAYICI ORTAM OLUŞABİLECEK YERLERİN SINIFLANDIRILMASI

Bu Yönetmeliğin 5., 6., 9. ve 10. maddelerine göre önlem alınması gereken yerlerde aşağıda belirtilen sınıflandırma sistemi uygulanır.

- a) **Patlayıcı ortam oluşabilecek yerler**
b) **Tehlikeli yerlerin sınıflandırılması**

- Ek-2'ye göre alınacak önlemler, yapılan bu sınıflandırmaya göre belirlenir.
- Gaz / Yanabilir Buharlar Bölge 0, 1, 2
- Tozlar Bölge 20, 21, 22

Not: Tabaka, tortu veya yığın halinde tutuşabilir tozların bulunduğu yerler, patlayıcı ortam oluşturabilecek diğer bir kaynak olarak dikkate alınmalıdır.

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

a) İşyerlerinin, işyeri birimlerinin, iş ekipmanları veya kullanılan maddelerin özellikleri ya da patlayıcı ortam riskine neden olabilecek faaliyetlerden kaynaklanan tehlikeler uyarınca Ek-1'e göre tehlikeli olarak tanımlanabilecek yerler.

b) Tehlikeli olarak sınıflandırılan yerlerde bulunan ekipmanın, güvenli bir şekilde çalışması için gerekli olan veya bu ekipmanların güvenli çalışmasına yardımcı olan ancak kendisi tehlikeli bölgede bulunmayan ekipmanlar.

1. Organizasyon önlemleri

1.1. Çalışanların eğitimi

1.2. Yazılı talimatlar ve çalışma izni

2. Patlamadan Korunma Önlemleri

2.1. Patlayıcı maddelerin güvenli bir yere uygun şekilde **yönlendirilmesi** veya **uzaklaştırılması**.

2.2. Birkaç çeşit patlayıcı maddelerden oluşuyorsa, **en yüksek riske** uygun önlem

2.3. Çalışanların ve çalışma ortamının **statik elektrik** boşalımından korunması

2.4. Tesis, ekipman, koruyucu sistemler ve bunlarla bağlantılı cihazların **patlayıcı ortamda güvenle kullanılabilir** nitelikte olması

2.5. Patlama riskini **en aza indirmek** ve olası bir patlamada, patlamayı **kontrol altına** almak, işyerine ve iş ekipmanlarına **yayılmasını en aza indirebilmek**.

2.6. Gereken durumlarda çalışanların **sesli/görsel işaretlerle** uyarılması ve uzaklaşması

2.7. Tehlikeli bölgeden anında ve güvenli bir şekilde uzaklaşabilmeleri için **tahliye sistemi**

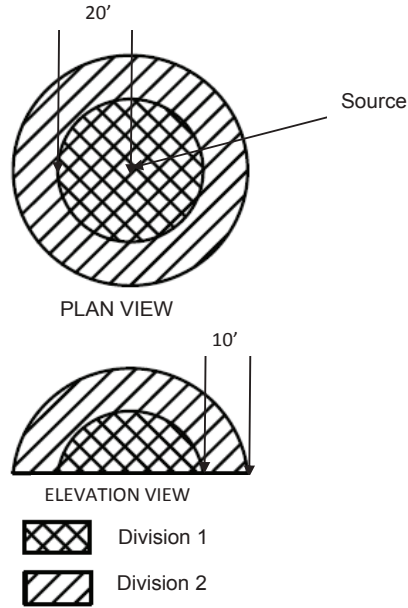
2.8. Patlayıcı ortam faaliyete başlanılmadan önce bütün işyerinin patlama yönünden güvenliğinin sağlandığı kanıtlanacaktır. Patlama yönünden güvenliğin sağlandığının kanıtlanması, **patlamadan korunma konusunda eğitim almış ve/veya deneyimli kişilerce** yapılır.

STANDARTLARA GÖRE ZONE BÖLGELERİ VE KAÇAK NOKTALARI GÖRSEL BİLDİRİMİ

Aşağıdaki bilgiler kullanıcılara referans amaçlı verilmiştir. Farklı standartlarda kullanılan Zone sınıflandırmaları, kapsam alanları verilmektedir. Aşağıdaki bilgiler ışığında alakalı orijinal standartlara bakarak Zone kapsam alanlarının belirlenmesi gerekir.

1) Patlayıcı Toz Ortamları (Kömür)

NFPA 499: RECOMMENDED PRACTICE FOR THE CLASSIFICATION OF COMBUSTIBLE DUSTS AND OF HAZARDOUS (CLASSIFIED) LOCATIONS FOR ELECTRICAL INSTALLATIONS IN CHEMICAL PROCESS AREAS
Class II Div II – ZONE 22
Class II Div 1 – ZONE 20 veya 21



Dust condition

Division 1

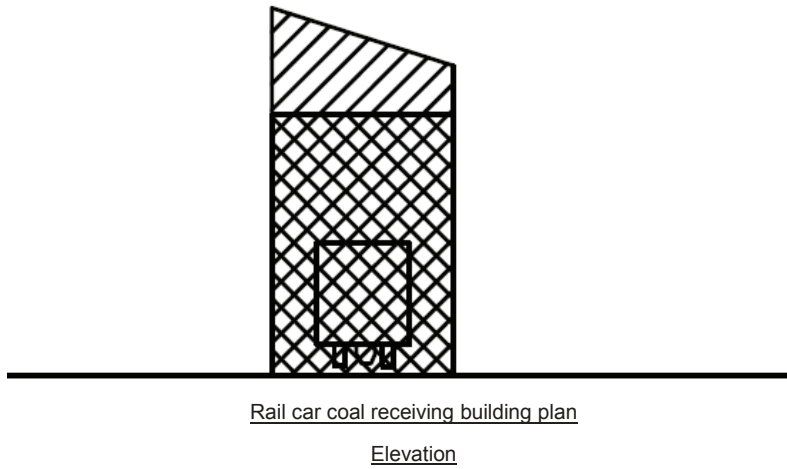
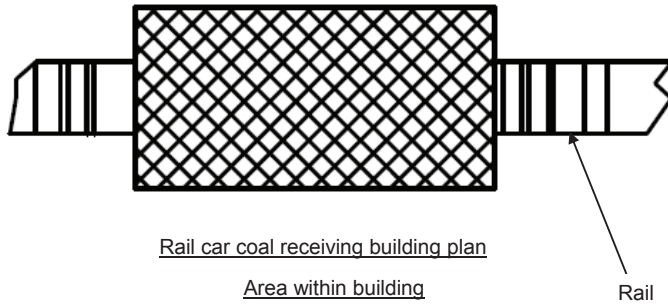
Moderate or dense dust cloud
dust layer greater than 1/8 in.

Division 2



No visible dust layer less than 1/8 in
and surface color not discernible

Group F Dust Indoor. Unrestricted area open or semi-closed operating equipment.

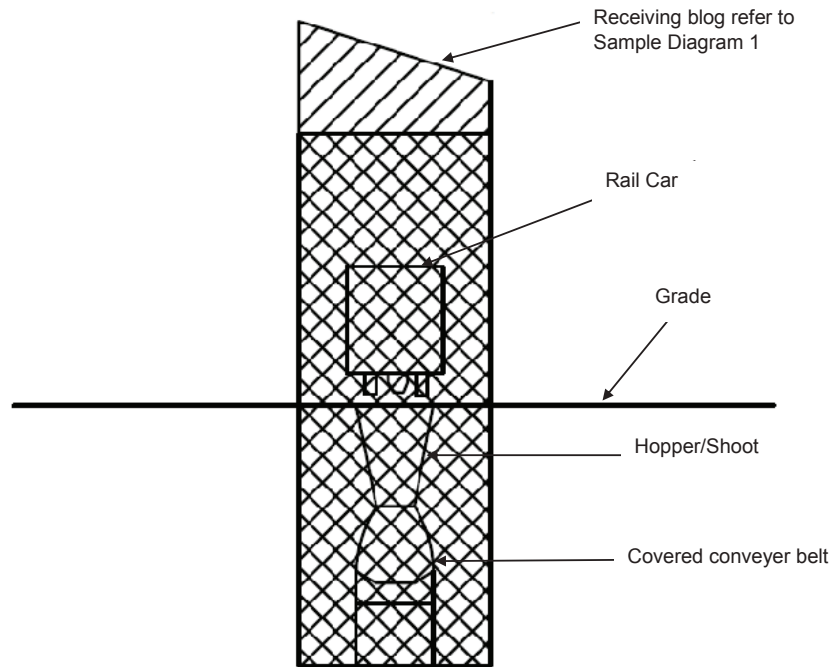
Based on Figure in NFPA 499



Note: More than 50% of the wall area is open

-  Class II division 1 area
-  Class II division 2 area

Sample Diagram 1



Coal Receiving Transfer Area

Elevation

Notes:

1. Adequate ventilation-12 air changes per minute must be provided or coal receiving transfer area will also be classified as class I, division 1, group 0.
2. Area outside of hopper and covered conveyer belt could be class II, division II, group F. However, because of ventilation requirements and need for constant housekeeping, area is classified as division 1.



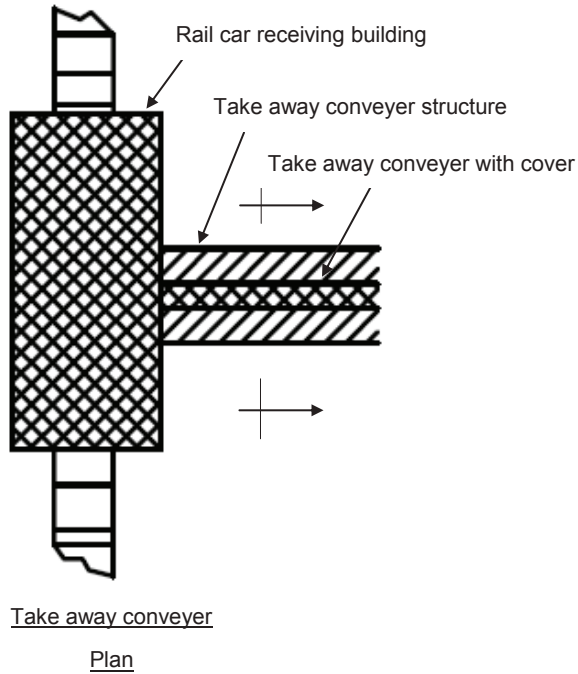
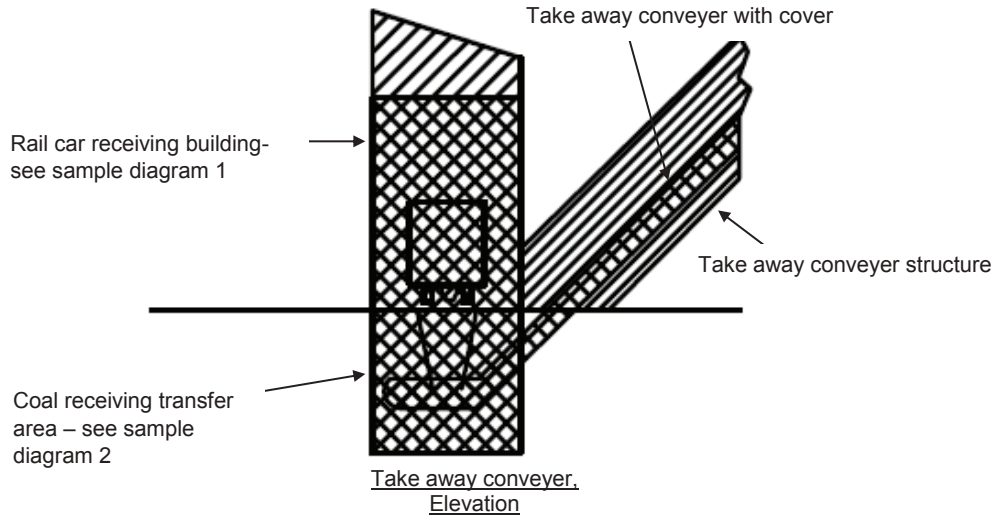
Class II, Division 1, Group F Area

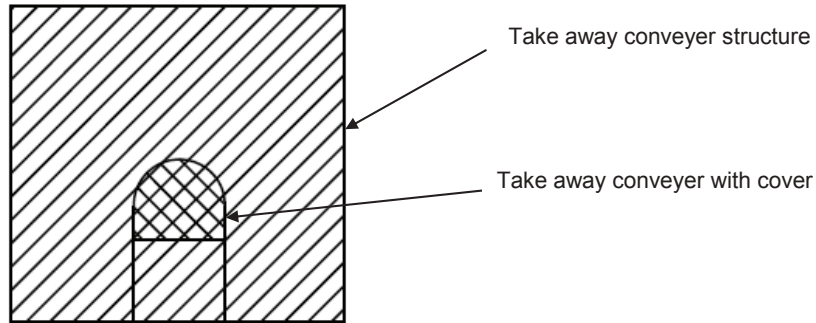


Class II, Division 2, Group F Area

Sample data classification

Diagram 2





Take away conveyer

Section A-A

Note:

1. Adequate ventilation-12 air changes per minute must be provided or take away structure will be classified as class I, division 1, group 0.
2. Area with take away conveyer structure will be class II, division 1, group F if covers are not provided over the conveyer.



Class II, Division 1, Group F Area



Class II, Division 2, Group F Area

Sample Hazardous Area Classification

Diagram 3

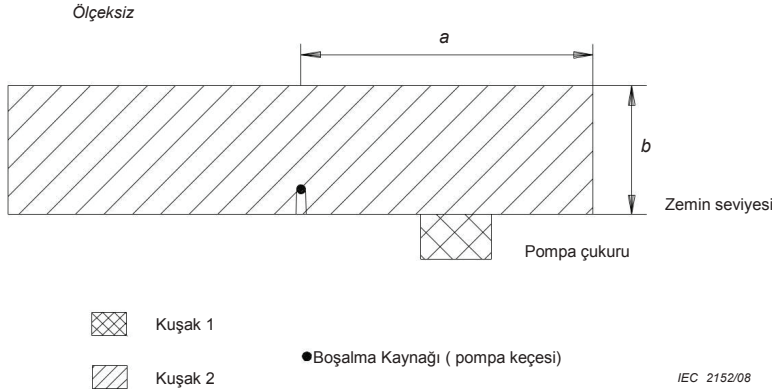
2. Parlayıcı Gazlar ve Sıvı Buharları Kaçak Noktaları ve Zone Kapsamları Görsel Bildirimi

2.1 TS-3491 EN60079-10 Ek C – Tehlikeli Bölge Sınıflandırması Örnekleri

Örnek 1

Mekanik keçeli (diyaframlı) normal bir sanayi pompası; zemin seviyesine monte edilmiş, açık havada, yanıcı madde pompalanmaktadır.

Kuşağın tipini ve yayılma sınırlarını etkileyen esas faktörler		
Tesis ve proses		
Havalandırma	Genel	Pompa çukuru
Tip.....	Tabii	Tabii
Derece	Orta	Düşük
Kullanılabilirlik	İyi	İyi
Boşalma kaynağı		Boşalma derecesi
Pompa mekanik keçesi.....		Tali
Ürün		
Parlama noktası	Proses ve ortam sıcaklığının altında	
Buhar yoğunluğu	Havadan ağır	



İlgili Parametreler dikkate alındığında kapasitesi 50 m³/h olan ve düşük basınçta çalışan bir pompa için aşağıdaki tipik değerler elde edilir.

a= Boşalma kaynağından yatay olarak 3 m,

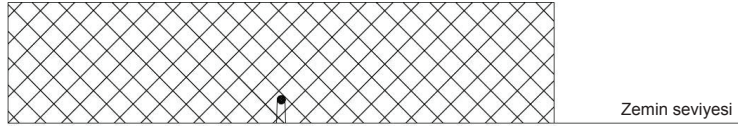
b= Zemin seviyesinden 1 m ve boşalma kaynağının 1 m yukarisına kadar.

Örnek 2

Mekanik keçeli (diyaframlı) normal bir sanayi pompası, zemin seviyesine monte edilmiş, bina içinde, yanıcı madde pompalamaktadır.

Kuşağın tipini ve yayılma sınırlarını etkileyen esas faktörler		
Tesis ve proses		
Havalandırma	Genel	Pompa çukuru
Tip.....	Suni	Yok
Derece	Düşük	
Kullanılabilirlik	Orta	
Boşalma kaynağı		Boşalma derecesi
Pompa mekanik keçesi		Tali
Ürün		
Parlama noktası	Proses ve ortam sıcaklığının altında	
Buhar yoğunluğu	Havadan ağır	

Ölçeksiz



Kuşak 1



Boşalma kaynağı (pompa keçesi)

IEC 2153/08

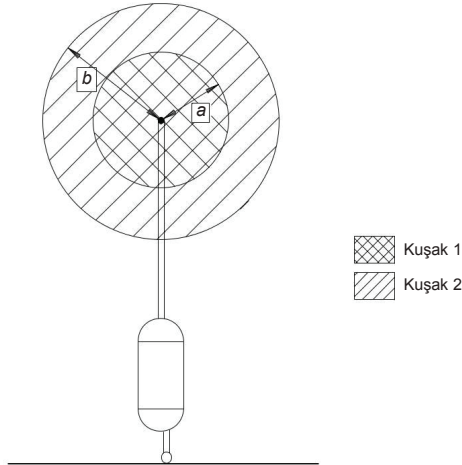
Ortaya çıkan tehlikeli bölge V_0 hacmini kapsayacağı için boyutlar gösterilmemiştir. Eğer havalandırma "iyi" seviyesine getirilebilirse kuşak daha küçük olur ve Kuşak 2 sınıfına dahil olur. (Çizelge B.1)

Örnek 3

Açık havada proses kabındaki basınç teneffüs vanası

Kuşağın tipini ve yayılma sınırlarını belirleyen esas faktörler	
Tesis ve proses	
Havalandırma	
Tip	Tabii
Derece	Orta
Kullanılabilirlik.....	İyi
Boşalma kaynağı	
Vana çıkışı	Ana ve tali
Ürün	
Benzin	
Gaz Yoğunluğu	Havadan ağır

Ölçeksiz



- Boşalma kaynağı (Havalandırma deliği 25 mm)

IEC 2154/08

İlgili parametreler dikkate alındığında açma basıncı yaklaşık 0.15 Mpa (1.5 bar) olan bir vana için aşağıdaki tipik değerler elde edilir.

a = Boşalma kaynağından her yönde 3 m,

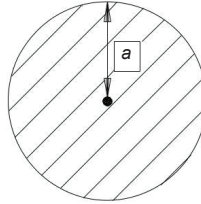
b = Boşalma kaynağından her yönde 5 m

Örnek 4

Yanıcı gaz ileten bir boru şebekesine monte edilmiş kontrol vanası

Kuşağın tipini ve yayılma sınırlarını belirleyen esas faktörler	
Tesis ve proses	
Havalandırma	
Tip.....	Tabii
Derece.....	Orta
Kullanılabilirlik.....	iyi
Boşalma Kaynağı	Boşalma Derecesi
Vana mil keçesi.....	Ana veya tali
ürün	
Gaz.....	Propan
Gaz yoğunluğu.....	Havadan ağır

Ölçeksiz



Zemin seviyesi

● Boşalma kaynağı (vana)

▨ Kuşak 2

IEC 2155/08

İlgili parametreler dikkate alındığında bu örnek için aşağıdaki tipik değerler elde edilir:

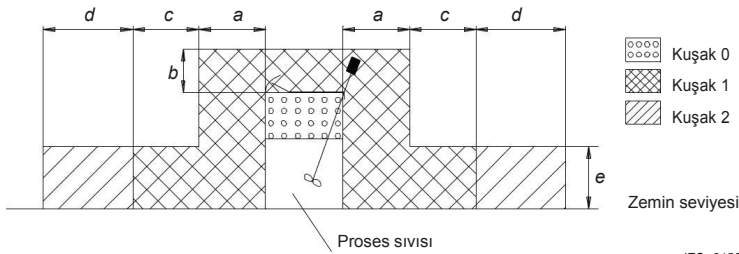
a = Boşalma kaynağından her yönde 1 m

Örnek 5

Sabit bir proses karıştırma kabı bina içindedir ve işletme sebepleri ile düzenli olarak açılmaktadır. Sıvılar kabın içine ve dışına tamamı kaynaklı olan ve kaba flanşlarla tesbit edilmiş olan borularla pompalanmaktadır.

Kuşağın tipini ve yayılma sınırlarını etkileyen esas faktörler	
Tesis ve proses	
Havalandırma	
Tip	Suni
Derece.....	Kabın içinde düşük, dışında orta
kullanılabilirlik.	Orta
Boşalma kaynağı	Boşalma derecesi
Kap içinde sıvı yüzeyi	Sürekli
Kaptaki açıklık.....	Ana
Kap yakınında sıvı dökülmesi veya kaçağı.....	Tali
Ürün	
Parlama noktası.....	Proses ve ortam sıcaklığını altında
Buhar yoğunluğu.....	Havadan ağır

Ölçeksiz



IEC 2156/08

İlgili parametreler dikkate alındığında bu örnek için aşağıdaki tipik değerler elde edilir:

a = Boşalma kaynağından yatay olarak 1m,

b = Boşalma kaynağının 1 m üzerinde,

c = Yatay olarak 1 m,

d = Yatay olarak 1 m,

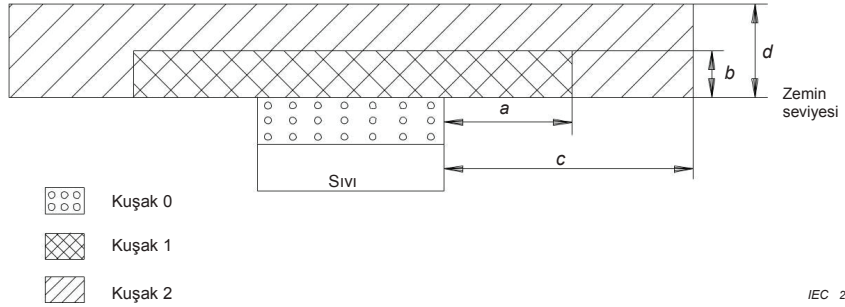
e = Zeminin 1 m üzerinde

Örnek 6

Yağ/su özgül ağırlık ayırıcısı açık havada bulunmaktadır, atmosfere açıktır ve bir petrol rafinerisinin içerisinde yer almaktadır.

Kuşağın tipini ve yayılma sınırlarını etkileyen esas faktörler		
Tesis ve proses		
Havalandırma	Ayırıcı içinde	Ayırıcı dışında
Tip	Tabii	Tabii
Derece.....	Orta	Orta
Kullanılabilirlik.....	İyi	İyi
Boşalma kaynağı	Boşalma derecesi	
Sıvı yüzeyi.....	Sürekli	
Proses Bozulması.....	Ana	
Prosesin anormal çalışması.....	Tali	
Ürün		
Parlama noktası	Proses ve ortam sıcaklığının altında	
Buhar yoğunluğu	Havadan ağır	

Ölçeksiz



İlgili parametreler dikkate alındığında bu örnek için aşağıdaki tipik değerler elde edilir:

a = Boşalma kaynağından yatay olarak 3 m

b = Zeminin 1 m üzerinde

c = Yatay olarak 0.75 m

d = Zeminin 1 m üzerinde

ICS 29.260.20

TÜRK STANDARDI TASARISI

tst 3491
EN 60079-10/Revizyon

1	2	3	4	5	6		7	8			9	10	11	12	13
No	Adı	Yeri	Boşalma derecesi	Ref.	Çalışma sıcaklığı ve basıncı		Durum ^o	Tip ^o	Derece ^o	Kullanılabilirlik ^k	Kuşak tipi 0-1-2	Yayıma sınırı [m]		Ref.	Diğer bilgi ve görüşler
Boşalma kaynağı			Yanıcı madde				Havalandırma			Tehlikeli bölge					
					°C	kPa						Dikey	Yatay		
6	Benzin tanklarında n dökülme	Tank alanı	T	1	Orta m	Ortam	S	T	Orta	İyi	2	3,0*	3,0**	Örnek 8	*Zeminin üzerinde
7	Tanker dolun istasyonu çatısındaki delik		A	1	Orta m	Ortam	S	T	Orta		1	1,5*	1,5**	Örnek 9	*Zeminin üzerinde **Yayımadan
											2	1,0*	1,5**	Örnek 9	*Zeminin üzerinde **Yayımadan
8	Tanker dolun istasyonu drenaj kanalına dökülme		T	1	Orta m	Ortam	S	T	Orta		2	1,0*	4,5**	Örnek 9	*Zeminin üzerinde **Drenaj kanalı/köprüde n
9	Petrol tankı		-	2	-	-	S	-	-	-		...*	...**		*Petrolün parlamaya noktasının yüksekliğinden dolayı tehlike yoktur.

^aS-Sürekli, A-Ana, T-Tali
^bKısım I'deki liste numarası
^cG-Gaz, S-Sıvı, SG-Sıvılaştırılmış gaz, K-Katı
^dT-Tabii, S-Suni
^eEk B'ye bakılmalıdır

Not – Yukarıdaki örnekte Fuel Oil tankı için tehlikeli bölge yoktur olarak bildirilmiştir.

2.2 NFPA 497: RECOMMENDED PRACTICE FOR THE CLASSIFICATION OF FLAMMABLE LIQUIDS, GASES, OR VAPORS AND OF HAZARDOUS (CLASSIFIED) LOCATIONS FOR ELECTRICAL INSTALLATIONS IN CHEMICAL PROCESS AREAS

Category G: Flammable substances handled and processed as Gases and Vapors.

Category 1: Materials, including LPGs, with a vapor pressure at the operating temperature above 70 psia (0,483 MPa). Those material, once released, vaporize in a very short time, even if process liquefied.

Category 2: Materials are all Class 1A Flammable liquids with a vapor pressure of or less than 70 psia and all other flammable and combustible liquids with a vapor pressure between 14,7 psia and 70 psia at operating conditions.

Category 3: Materials are all Class 1B Flammable liquids with vapor pressure of less than 14,7 psia and all other flammable and combustible liquids with a vapor pressure less than 14,7 psia when the operating conditions are above their own flash point.

Category 4: Materials of Class II and heavier materials that are operated below their flash point.

For further information about volatility and flash point, refer to NFPA 30, 325 and 497.

CAT	Pvap, psia	Pvap, kPa
1	70	482,6
2	14,7-70	101-483
3	14,7	101
4	Below FP	Below FP

Leak	Rate, Gal/min	Rate, Kg/s
Low	10	0,63
Med	10-50	0,63-3,15
High	50-100	3,15-6,3

Hazard Radius			
Category 1	5-25	25-50	50-100
Category 2	3-5	5-25	25-50
Category 3	3	3-5	5-25
Category 4	n.a.	n.a.	n.a.
	Low <10 Gal(US)/min	Medium 10-50 Gal(US)/min	High 50-100 Gal(US)/min
Mass Release			

For example, a category 2 fluid, with a mass release of 13 gal(US)/min (0,82 liter/s), the hazard radius is estimated within the range of 5-25 ft (1,5-7,6 m), with an adequate knowledge of the source, and its area, the specific value can be estimated.

2.3 IP15 – Model Code of Safe Practice Part 15: Area Classification Code for Installations Handling Flammable Fluids (UK Energy Institute)

Fluid Category	Description
A	A flammable liquid that, on release, would vaporize rapidly and substantially.
B	A flammable liquid, not in Category A, but a temperature sufficient for boiling to occur on release.
C	A flammable liquid, not in Categories A or B, but which can, on release, be at a temperature above its flash point, or form a flammable mist or spray.
G (I)	A typical methane – rich natural gas.
G (II)	Refinery hydrogen.

Class 0	Liquefied petroleum gases (LPG)
Class I	Liquids that have flash points below 21 °C
Class II (1)	Liquids that have flash points from 21 °C up to and including 55 °C, handled below flash point
Class II (2)	Liquids that have flash points from 21 °C up to and including 55 °C, handled or above flash point
Class III (1)	Liquids that have flash points above 55 °C up to and including 100 °C, handled below flash point
Class III (2)	Liquids that have flash points above 55 °C up to and including 100 °C, handled or above flash point
Unclassified	Liquids that have flash points above 100 °C

IP petroleum Class, based (except for LPG) on closed cup flash points			Fluid category		
Class	Description	Handled above flash point	Handled above boiling point	Can be released as mist	Handled below boiling point and cannot be released as mist
0	Liquefied petroleum gases (LPG)	Yes	A	A	A ²
I	Flash point less than 21 °C	Yes	B	C	C
II (1)	Flash point 21-55 °C	No	N/A ¹	C	N/A ¹
II (2)	Flash point 21-55 °C	Yes	B	C	C
III (1)	Flash point 55-100 °C	No	N/A ¹	C	N/A ¹
III (2)	Flash point 55-100 °C	Yes	B	C	C
Unclassified (1)	Flash point greater than 100 °C	No	N/A ¹	C	N/A ¹
Unclassified (2)	Flash point greater than 100 °C	Yes	B	C	C

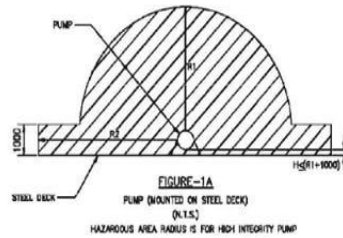
Note 1 Not applicable (N/A) because liquids not handled above their flash pint cannot be above their boiling point

Note 2 Cryogenic fluids nee special considerations

Table 5.6 Upper bound hazard radii (R_1) for flanges and valves

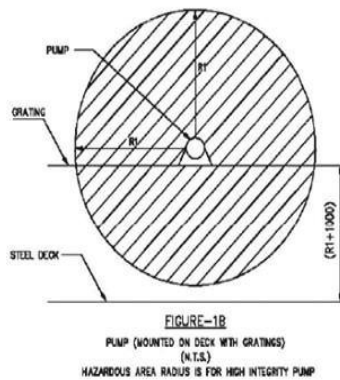
Fluid category	Pressure (bar(a))	LEVEL I		LEVEL II		LEVEL III	
		Hole size (mm)	Hazard radius R_1 (m)	Hole size (mm)	Hazard radius R_1 (m)	Hole size (mm)	Hazard radius R_1 (m)
A	100	1	2,5	2	5	6	13
B	100	1	2	2	4	6	12
C	100	1	2,5	2	5	6	14
G(i)	100	1	1	2	1,5	6	5
G(ii)	100	1	1	2	2	6	7

Fig 1A. Pump mounted on plated deck – high integrity pump (typically double mechanical seals)



HOLE DIA	FLUID CAT.	PRESSURE BARG	RADIUS	
			R1	R2
2	B	10<P<50	4000	5000
2	B	P<10	4000	4000
2	C	10<P<50	4500	5500
2	C	P<10	4500	4500

Fig. 1B, Pump mounted on grated deck – high integrity pump (typically double mechanical seals)



HOLE DIA	FLUID CAT.	PRESSURE BARG	RADIUS	
			R1	R2
2	B	P<50	4000	N/A
2	C	P<50	4500	N/A

Fig. 2A, Flange/valve installed over grated deck

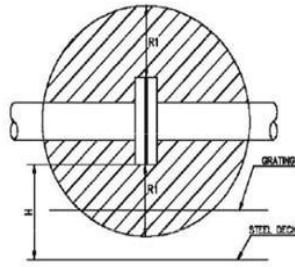


FIGURE-2A
TYPICAL AREA CLASSIFICATION AROUND THE FLANGE/
VALVES INSTALLED OVER GRATED DECK
IF INSTALLED OVER STEEL DECK $R_2(R_2=1000\text{mm})$

HOLE DIA	FLUID CAT.	PRESSURE BARG	RADIUS	
			R1	R2
1	A / C	$P < 50$	2500	N/A
1	B	$P < 50$	2000	N/A
1	G(i)	$P < 100$	1100	N/A
1	G(i)	$100 < P < 150$	1400	N/A
1	G(i)	$150 < P < 200$	1600	N/A

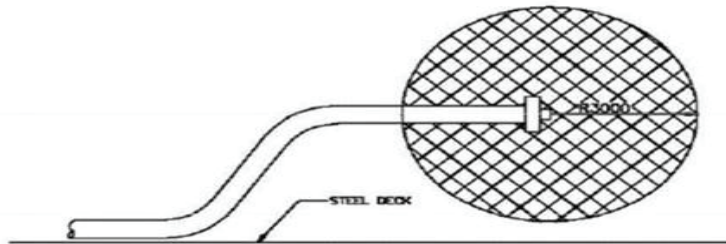
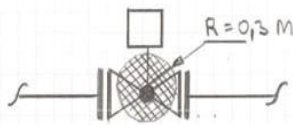


FIGURE-3
HORIZONTAL BALL OR PIG LAUNCHING
OR RECEIVING INSTALLATION
(N.T.S.)
N2 PURGED



Control valves, often used block valves and valves not well maintained: A zone 1 with $R = 0.3 \text{ m}$.

A specific evaluation shall be made to decide if there is a further zone 2 around the zone 1.

2.4 EN1127-1

EN 1127-1, ANNEX B

Defines equipment which are **"durably technically tight"**, examples:

- Canned motor pumps
- Magnetic coupled sealless pumps
- Tongue/groove flanges (EN 1092-1, Type C & D)
- If rarely detached: NPT connections (up to DN 50)



Type C
Tongue



Type D
Groove

Should normally not cause classified areas.

2.5 Keçelerden Maksimum Kaçak Miktarları ve Tehlike Çapı (Endüstri İyi Uygulaması Örneği)

John Crane recommendations for mechanical seal Maximum release flow rates for pumps in all fluid categories and process pressures			
Seal	Sealing Arrangement Description	Max. Release Flow Rate (kg/s)	Hazard Radius R1/R2 (m)
Single	Single seal (without fixed throttle bushing, in a pump with no wear rings) This may be a component or cartridge, general - purpose seal	Use IP-15 Calculation (Hole size 0,23xshaft dia.)	See IP-15
Single	Single seal with a fixed throttle bushing or a single seal in an API 510 pump. This may be a component or cartridge, general-purpose seal	0,0003	<2
Single	Single seal, supplied to ISO 21049 with a fixed throttle bushing (code 1 CW-FX) or a single seal, supplied to ISA 21049 with a solid floating bushing (code 1CW-FL) in an API 510 or ISO 13709 pump	0,00015	<2
Dual unpress	Dual, unpressurized seal (without fixed throttle bushing, in a pump with no wear rings). This may be a cartridge or non-cartridge, general-purpose seal	Use IP-15 Calculation (Hole size 2 mm)**	See IP-15 (4 to 6)
Dual unpress	Dual, unpressurized seal (ISO 21049, code 2CW-CW, 2CW-CS with auxiliary plan 52, 75 or 76) with a fixed throttle bushing or the same seal arrangement but in an API 610 pump or ISO 13709 pumps.	0,00001	<2
Dual unpress	Dual, unpressurized seal as above but containment system connected to an open vent pipe	0,00001 at seal 0.0025 at vent	<2
Dual press	Dual pressurized seal (without fixed throttle bushing, cartridge general-purpose seal)	Use IP-15 Calculation (Hole size 2 mm)**	See IP-15 (4 to 6)
Dual press	Dual, pressurized seal (ISO 21049, code 3CW-CW, with auxiliary plan 53 or 54) with a fixed throttle bushing or the same seal arrangement but in a API 610 or ISO 13709 pump	NL	-
Dual press	Dual, pressurized seal (ISO 21049 code 3NC, with auxiliary plan 74) with a fixed throttle bushing or the same seal arrangement but in a API 510 or ISO 13709 pump	0,01	2***

* Use seal chamber pressure as release pressure (If not known, use discharge pressure)

** Use 5 bar as release pressure

*** For R2, Cat C use 2,5m

3. TS-EN 60079-10-2 Tozlar için ZONE Sınıfları - Alıntılar

REF: TS-EN60079-10 Patlayıcı ortamlar- Bölüm 10-2: Tehlikeli bölgelerin sınıflandırılması- Yanıcı toz atmosferler

(IEC 60079-10-2:2009)

Explosive atmospheres - Part 10-2: Classification of areas - Combustible dust atmospheres / Note: Intended as replacement for EN 61241-10 (IEC 60079-10-2:2009)

6.3.2 Zone 20

The extent of zone 20 includes the inside of ducts, producing and handling equipment in which explosive dust atmospheres are present continuously, for long periods, or frequently. If an

explosive dust atmosphere outside dust containment is continuously present, a zone 20 classification is required.

6.3.3 Zone 21

In most circumstances, the extent of zone 21 can be defined by evaluating sources of release in relation to the environment causing explosive dust atmospheres.

The extent of zone 21 is as follows:

- the inside of some dust handling equipment in which an explosive dust atmosphere is likely to occur;
- the area outside the equipment, formed by a primary grade of release depends on several dust parameters such as dust amounts, flow rate, particle size and product moisture content. This zone should remain limited. Consideration needs to be given to the source of release taking into account the conditions leading to the release in order to determine the appropriate extent of the zone. For areas outside buildings (open air), the boundary of zone 21 can be altered due to weather effects such as wind, rain, etc.;

NOTE 1 A distance of 1 m around the source of release is often sufficient (with a vertical downwards extension to the ground or to the level of a solid floor) in considering a zone 21.

- where the spread of dust is limited by mechanical structures (walls, etc.), their surfaces can be taken as the boundary of the zone.

Practical considerations can make it desirable for the whole area under consideration to be classified as zone 21

A non-confined zone 21 (not limited by mechanical structures, e.g. a vessel with an open man-hole) located inside, will usually be surrounded by a zone 22.

NOTE 2 If dust layers are found to have accumulated outside the original zone 21, then the classification of the

zone 21 area may be required to be extended (it could become a zone 22) taking into account the extent of the

layer and any disturbance of the layer that produces a cloud.

6.3.4 Zone 22

In most circumstances, the extent of zone 22 can be defined by evaluating secondary grade sources of release in relation to the environment causing the explosive dust atmospheres.

The extent of zone 22 is as follows:

- the extent of an area formed by a secondary grade source of release depends on several dust parameters such as dust amounts, flow rate, particle size and product moisture content. Consideration needs to be given to the source of release taking into account the conditions leading to the release in order to determine the appropriate extent of the zone. For areas

outside buildings (open air), the boundary of zone 22 can be altered due to weather effects such as wind, rain, etc.;

NOTE 1 A distance of 3 m beyond zone 21 and around the source of release is often sufficient (with a vertical downwards extension to the ground or to the level of a solid floor) in considering a zone 22.

– where the spread of dust is limited by mechanical structures (walls, etc.), their surfaces can be taken as the boundary of the zone.

Practical considerations can make it desirable for the whole area under consideration to be classified as zone 22.

NOTE 2 If dust layers are found to have accumulated outside the original zone 22, then the classification of the zone 22 area may be required to be extended taking into account the extent of the layer and any disturbance of the layer which produces a cloud.

7 Dust layer hazard

Inside containment, where dusts are handled or processed, layers of dust of uncontrolled thickness often cannot be prevented because they are an integral part of the process. Outside containment the thickness of dust layers should be controlled by housekeeping and the level of housekeeping shall be known for the purpose of classification. It is essential to agree the nature of the housekeeping arrangements with plant management. The effect of housekeeping on dust layers is discussed in Annex C. Information on the effect of hot surfaces with dust layers is given in Annex B.

A.1 Examples of zones

A.1.1 Zone 20

Examples of locations that may give rise to zone 20:

- locations inside the dust containment;
- hoppers, silos, cyclones and filters, etc;
- dust transport systems, except some parts of belt and chain conveyors, etc;
- blenders, mills, dryers, bagging equipment, etc.

A.1.2 Zone 21

Examples of locations that may give rise to zone 21:

- areas outside dust containment and in the immediate vicinity of access doors subject to frequent removal or opening for operation purposes when internal explosive dust atmospheres are present;

- areas outside dust containment in the proximity of filling and emptying points, feed belts, sampling points, truck dump stations, belt dump over points, etc. where no measures are employed to prevent the formation of explosive dust atmospheres;
- areas outside dust containment where dust accumulates and where, due to process operations, the dust layer is likely to be disturbed and form explosive dust atmospheres;
- areas inside dust containment where explosive dust clouds are likely to occur (but neither continuously, nor for long periods, nor frequently), e.g. silos (if filled and/or emptied only occasionally) and the dirty side of filters, if large self-cleaning intervals exist.

A.1.3 Zone 22

Examples of locations that may give rise to zone 22:

- outlets from bag filter vents which, in the event of a malfunction, can emit explosive dust atmospheres;
- locations near equipment opened at infrequent intervals or locations near equipment, that from experience can easily form leaks where dust is blown out, for example, pneumatic equipment or flexible connections that can become damaged, etc;
- storage of bags containing dusty products. Failure of bags can occur during handling, causing dust emission;
- areas that are normally classified as zone 21 can fall into zone 22 when measures, including exhaust ventilation, are employed to prevent the formation of explosive dust atmospheres. The measures should be carried out in the vicinity of (bag) filling and emptying points, feed belts, sampling points, truck dump stations and belt dump over points, etc;
- areas where controllable dust layers are formed that are likely to be disturbed and create explosive dust atmospheres. Only if the layer is removed by cleaning before hazardous dust atmospheres can be formed, is the area designated non-hazardous. This is the major purpose of good housekeeping.

A.2 Bag emptying station within a building and without exhaust ventilation

In this example, bags are manually emptied frequently into a hopper from which the contents are conveyed pneumatically into some other part of the plant. Part of the hopper is normally filled with product.

Zone 20 Inside the hopper because an explosive dust atmosphere is present frequently or even continuously.

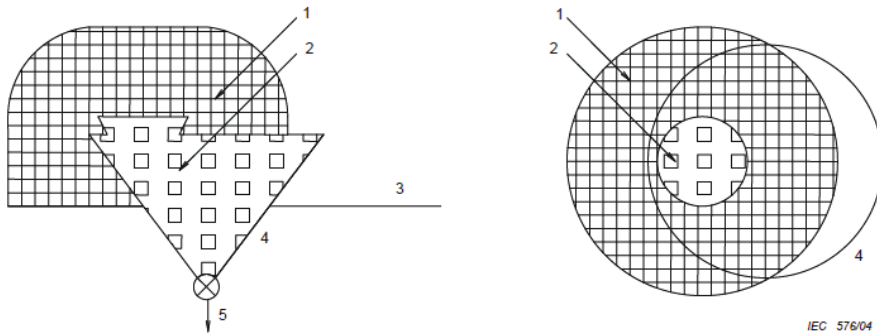
Zone 21 The open man-hole is a source with a primary grade of release. Consequently, a zone 21 is defined around this man-hole, extending some distance from the edge of the man-hole and extending down to the floor.

NOTE 1 If dust layers accumulate, then further classification may be required taking into account the extent of the

layer and any disturbance of the layer which produces a cloud, together with the level of housekeeping (see

Annex C). If air movements during the discharge of bags may occasionally carry the dust cloud beyond zone 21,

then a zone 22 may be required in accordance with 6.3.3.



Key

- 1 zone 21, see 6.3.3
- 2 zone 20, see 6.3.2
- 3 floor
- 4 bag discharge hopper
- 5 to process

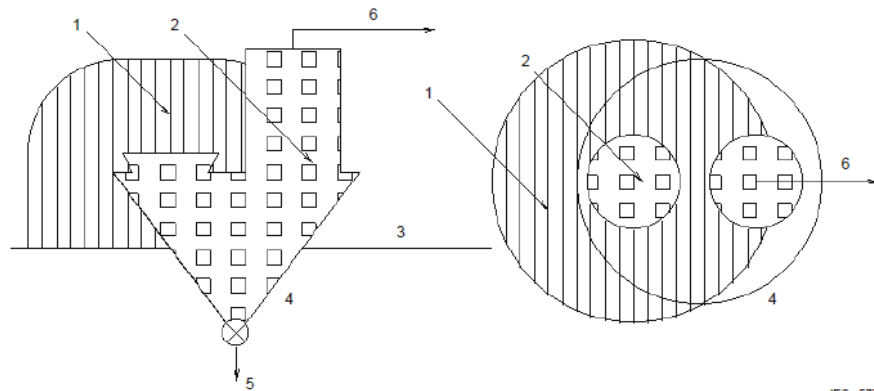
A.3 Bag emptying station with exhaust ventilation

This is similar to the example given in Clause A.1, but in this case the system has extract ventilation. In this way, the dust can be kept within the system as much as possible.

Zone 20 Inside the hopper because an explosive dust atmosphere is present frequently or even continuously.

Zone 22 The open man-hole is a source with a secondary grade of release. There is no escape of dust in normal circumstances because of the dust extraction system. In a well-designed extraction system, any dust released will be sucked inside.

Consequently, only a zone 22 is defined around this man-hole, extending some distance from the edge of the man-hole and extending down to the floor. The exact extent of the Zone 22 area needs to be determined based on the characteristics of the dust and the process.



IEC 577/04

Key

- 1 zone 22, see 6.3.4
- 2 zone 20, see 6.3.2
- 3 floor
- 4 bag discharge hopper
- 5 to process
- 6 to extract within containment

A.4 Cyclone and filter with clean outlet outside building

In this example, the cyclone and filter are part of a suction extraction system. The extracted product passes via a continuously operating rotary valve and falls into a closed bin. The quantity of fines is very small and therefore the self-cleaning intervals are large. For this reason, the interior only occasionally contains a flammable cloud during normal operation. The extraction fan on the filter unit blows the extracted air to the outside.

Zone 20 Inside the cyclone because an explosive dust atmosphere is present frequently or even continuously.

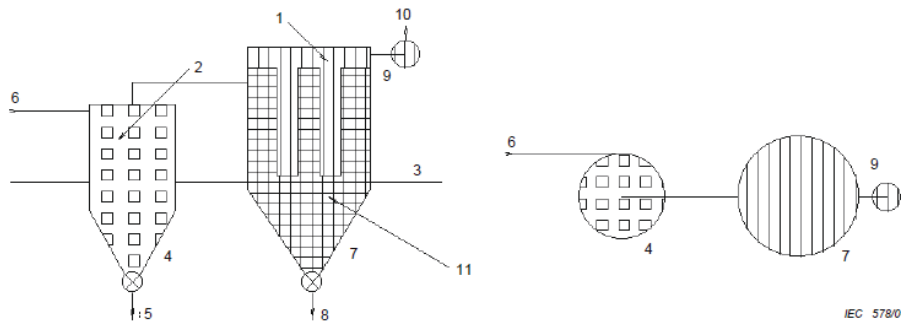
Zone 21 There is a zone 21 on the dirty side of the filter only if small quantities of dust are not collected by the cyclone in normal operation. If this is not the case, the dirty side of the filter is zone 20.

Zone 22 The clean side of the filter may contain a flammable dust cloud if the filter element fails. This applies to the interior of the filter, downstream of the filter element, extract ducting and around the discharge of the extract duct. Zone 22 will extend some distance around the outlet of the ducting and extends down to the ground (not shown in diagram). The exact extent of the zone 22 area needs to be determined based on the characteristics of the dust and the process.

NOTE 1 If dust layers accumulate outside the plant equipment, then further classification may be required, taking

into account the extent of the layer and any disturbance of the layer that produces a cloud. The effect of conditions

outside may be taken into account, e.g. wind, rain or humidity may prevent layers of dust accumulating



Key

- | | |
|----------------------|-----------------------|
| 1 zone 22, see 6.3.4 | 7 filter |
| 2 zone 20, see 6.3.2 | 8 to fines bin |
| 3 floor | 9 extract fan |
| 4 cyclone | 10 to outlet |
| 5 to product silo | 11 zone 21, see 6.3.3 |
| 6 inlet | |

A.5 Drum tipper within a building without exhaust ventilation

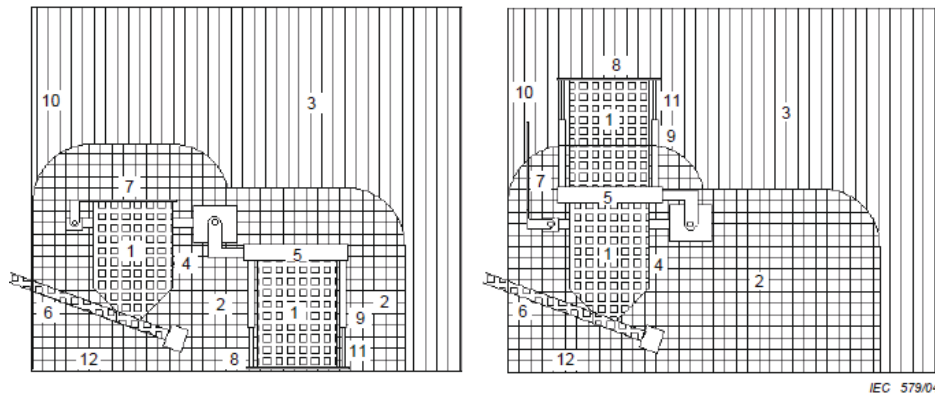
In this example, powder in 200 l drums is emptied into a hopper to be transported by screw conveyor to an adjacent room. A full drum is positioned on the platform and the lid removed. Hydraulic cylinders clamp the drum to the diaphragm valve which is closed. The hopper lid is opened and the drum carrier rotated to place the diaphragm valve on top of the hopper. The diaphragm valve is opened and powder is transported by the screw conveyor over a period of time until the drum is empty.

When a new drum is required, the diaphragm valve is closed. The drum carrier is rotated back to its original position and the hopper lid is closed. The hydraulic cylinders release the drum and its lid is replaced before the drum is removed.

Zone 20 The interior of the drum, hopper and screw conveyor will contain dust clouds frequently and for long periods and are therefore classified zone 20.

Zone 21 Releases of dust in the form of a cloud occur when the lid of the drum and the lid of the hopper are removed and when the diaphragm valve is placed on or removed from the top of the hopper. Consequently zone 21 is defined for some distance around the tops of the drum, hopper and around the diaphragm valve. The exact extent of the zone 21 area needs to be determined based on the characteristics of the dust and the process.

Zone 22 The remainder of the room is zone 22 due to the possibility of accidental spillage and disturbance of large quantities of dust.



IEC 579/04

Key

- | | |
|----------------------|-----------------------|
| 1 zone 20, see 6.3.2 | 7 hopper lid |
| 2 zone 21, see 6.3.3 | 8 drum platform |
| 3 zone 22, see 6.3.4 | 9 hydraulic cylinders |
| 4 hopper | 10 wall |
| 5 diaphragm valve | 11 drum |
| 6 screw conveyor | 12 floor |

C.2 Levels of housekeeping

The frequency of cleaning alone is not enough to determine whether a layer contains sufficient dust to control these risks. The rate of deposition of the dust has different effects, for example, a secondary grade of release with a high deposition rate may create a dangerous layer much more quickly than a primary grade with a lower deposition rate. Both the frequency of cleaning and the effectiveness of cleaning are important.

Thus, the presence and duration of a dust layer depends on:

- the grade of release from the source of the dust,
- the rate at which dust is deposited, and
- the effectiveness of housekeeping (cleaning).

Three levels of housekeeping can be described.

Good: Dust layers are kept to negligible thickness, or are non-existent, irrespective of the grade of release. In this case, the risk of the occurrence of explosive dust clouds from layers and the risk of fire due to layers has been removed.

Fair: Dust layers are not negligible but are short-lived (less than one shift). The dust is removed before any fire can start.

Poor: Dust layers are not negligible and persist for more than one shift. The fire risk may be significant, and this should be controlled by selecting equipment according to IEC 60079-14.

Poor housekeeping combined with conditions that can create a dust cloud from a layer should be prevented. Any conditions that can create a dust cloud (for example, someone entering the room) shall be considered in the hazardous area classification.

PGS PATLAMA RİSK ANALİZİ PROSEDÜRÜ

$$R = P * C * D$$

R= patlama riski

P = Tehlikeli durum faktörü (hazard factor), tehlikeli ortam oluşma olasılığı

C = tehlikeli durumun zarar oluşturma olasılığı

D = zarar faktörü, zararın büyüklüğünün tahmini

REF - ATEX 137a, RASE2000 ve HSE Guidelines

1. Adım - Patlayıcı Atmosferin Oluşma Olasılığı

P FAKTÖRÜ

Tehlikeli Ortam	Tanım	P İndeksi
Zone 0 / 20	Tehlikeli atmosferin (toz/gaz) düzenli veya uzun süreliğine veya çok sıklıkta olduğu ortam	3
Zone 1 / 21	Tehlikeli atmosferin normal operasyonlar sırasında oluşma olasılığının olduğu ortam	2
Zone 2 / 22	Tehlikeli atmosferin normal operasyonlarda oluşma olasılığının düşük olduğu ancak çok kısa sürdüğü ortamlar	1
Zone Yok	Tehlikeli atmosferin oluşmadığı ortam	0

2. Adım - Alev Kaynaklarının Oluşturduğu Tehlikeler ve Oluşum Olasılıkları**C FAKTÖRÜ**

Ref: EN 1127-1

Oluşma Olasılığı	Tanım	C İndeksi
Her zaman	Alev kaynakları düzenli veya çok sıklıkta olduğu ortam	3
Bazı Durumlarda	Alev kaynakları ancak bazı özel durumlarda olduğu ortam	2
Az Sıklıkta	Alev kaynaklarının çok az olasılıklar ve sıklıkta olduğu ortam	1
Hiçbir Zaman	Alev kaynaklarının oluşmadığı ortam	0

3. Adım - Patlamaların Etkilerinin Tahmini**D FAKTÖRÜ**

Ref: Area Classification methods, according to EN 60079-10-1 and 61241-10

Tehlikeli Alan	Tanım	D İndeksi	Tahmini Etki Durumu
Zone 0 / 20	Tehlikeli atmosferin (toz/gaz) düzenli veya uzun süreliğine veya çok sıklıkta olduğu ortam	3	Felaket
Zone 1 / 21	Tehlikeli atmosferin normal operasyonlar sırasında oluşma olasılığının olduğu ortam	2	Majör
Zone 2 / 22	Tehlikeli atmosferin normal operasyonlarda oluşma olasılığının düşük olduğu ancak olursa çok kısa sürdüğü ortamlar	1	Minör
Zone Yok	Tehlikeli atmosferin oluşmadığı ortam	0	Çok Düşük

D İndeksine Aşağıdaki indekslerin eklenmesi ile D' oluşur

Parametre	Endeks			
	0	0.15	0.25	0.5
Çalışanların ortamda bulunması (Wp)	Hiçbir zaman	Anormal Durumlar da	Bazen	Herzaman
Toz-patlamaı endeksi (Kst)	<=30 barm/s	30<Kst<=200 barm/s	200<Kst<=300 barm/s	>300 barm/s
Gaz patlaması endeksi (Kg)	<=500 barm/s	80<Kg<=500 barm/s	500<Kg<=1000 barm/s	>1000barm/s
Bulutun Hacmi (Vz)	<10 dm3	10 < Vz <=50 dm3	50 < Vz <=100 dm3	>=100 dm3
Toz Tabakası Derinliği (Ld)	<=5 mm	5 < Ld <= 25 mm	25 < Ld <= 50 mm	>=50 mm
Bulutun ihtiva edilebilirliği (Cc)	ihtiva edilmez	Anormal Durumlar da	Kısmi	Tamamen ihtiva

$$D' = D + Wp + Kst + Vz + Ld + Cc \text{ (TOZ)}$$

$$D' = D + Wp + Kg + Vz + Cc \text{ (GAZ)}$$

4. Adım Riskin Belirlenmesi ve Ulaşılan Korunma Seviyesi

Yukarıdaki tablonun benzeri tekrar kullanılır.

Parametre	Endeks			
	0	0.5	1	2
Çalışanların ortamda bulunması (Wp)	Hiçbir zaman	Anormal Durumlarda	Bazen	Her zaman
Toz patlaması endeksi (Kst)	<=30 barm/s	30<Kst<=200 barm/s	200<Kst<=300 barm/s	>300 barm/s
Gaz patlaması endeksi (Kg)	<=500 barm/s	80<Kg<=500 barm/s	500<Kg<=1000 barm/s	>1000barm/s
Bulutun Hacmi (Vz)	<10 dm3	10 < Vz <=50 dm3	50 < Vz <=100 dm3	>=100 dm3
Toz Tabakası Derinliği (Ld)	<=5 mm	5 < Ld <= 25 mm	25 < Ld <= 50 mm	> =50 mm
Bulutun ihtiva edilebilirliği (Cc)	ihtiva edilmez	Anormal Durumlarda	Kısmi	Tamamen ihtiva

RİSK HESABI

$$R = (P * C * D') + Wp + Kst + Kg + Vz + Ld + Cc \text{ (TOZ)}$$

$$R = (P * C * D') + Wp + Kg + Vz + Cc \text{ (GAZ)}$$

HESAPLANAN RISKİN SINIFLANDIRILMASI - RİSK MATRİSİ

Risk Değeri R	Sınıfı	Tanımı	Alınacak Önlemler
R >= 18	Yüksek	Patlayıcı atmosfer oluşma olasılığı yüksek, alev kaynakları mevcut ve alevleme oluşması için olasılık yüksek, mal ve çalışanlara zarar vermesi olasılığı yüksek. Patlamanın diğer proseslere yayılma olasılığı yüksek.	Hemen gerekli risk azaltıcı önlemleri alarak riski ve etkilerini azalt. Alınan önlemleri takiben tekrar teftiş ve değerlendirme yap.
9 <= R <= 18	Orta	Patlayıcı atmosfer oluşma olasılığı sınırlı. Efektif alev kaynakları oluşabilir. Patlama halinde etkileri nispeten düşük durumda. Dolayısıyla çalışanlara ve mala gelecek zarar nispeten düşük. Patlamanın yayılma riski sınırlı.	Etkilere maruz kalınma olasılığı nispeten yüksek, dolayısıyla gerekli korunma önlemlerini alarak riski düşür. Alınacak önlemler işveren sorumluluğunda kontrol edilebilir.
1 <= R <= 9	Düşük	Patlayıcı atmosferin oluşma olasılığı son derece düşük. Bununla beraber alev kaynaklarının oluşma olasılığı ve etkileri de aynı şekilde düşük. Etkilere maruz kalınma ölçüsü düşük, can ve mala zarar çok sınırlı. Patlamanın yayılma olasılığı ve etkisi son derece sınırlı.	Risk azaltıcı önlemler gerekli görülürse ve makul şekilde yapılabilir.
<1	İhmal Edilebilir	Patlayıcı atmosfer oluşma olasılığı neredeyse yok denecek kadar düşük. Efektif alev kaynakları yok. Patlama etkilerine maruz kalınması olasılığı neredeyse yok. Can ve mal kaybı riski yok. Patlamanın yayılma olasılığı yok.	Daha fazla önlem almaya gerek yok.

TOZ VE GAZ MALZEME BİLGİLERİ İLE IEC60079 - 10 RAPOR FORMATI ÖRNEĞİ

Literatür Değerleri, Kömür, Linyit, Petcoke Verileri (ref BIA)

Madde	Partikül büyüklüğü, mikron	<250	<125	<71	<63	<32	<20	Medyan Mikron	Nem %	MEC g/m ³	Pmax bar	Kst bar.m /s	MOC %	MIE mJ	Cloud T GG	Layer T. C	Burn. Class BZ
Taş Kömürü	<500		76	65		46	37	38		125	8,6	86	1		610	360	2
Taş Kömürü (2)				97		93	85	10			9	55	1		590	270	4
Taş Kömürü, antrasitli	100			85		53	34	30		100			1		710	340	2
Taş Kömürü (PRB ASTM)								24	5	60	7,3	124	1	12	110	260	
Taş Kömürü (Steam Coal)						100	99	10					1		680	310	
Linyit								16	17				1	4-8			
Linyit				65		56	49	21	9,3		9,1	114	1	10-100	410	270	4
Linyit								26	30				1	300-1000			
Linyit				76		50	29	32		60	10	151	1		380	225	4
Linyit				64		43	28	42		60	9,6	112	1	12	440	230	
Linyit								40	8				1	100-300			
Linyit				61		35	27	50			9,6	138	1		410	250	

ZONE SINIFLANDIRILMASI TABLOSU

1. Bölüm - Yanıcı, parlayıcı madde özellikleri

Kapsam: Fuel Oil, Atık Yağ Depo Alanı ve Doğal Gaz Buhar Kazanı Odası															
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
No.	İsim	Formül	Parlama Noktası, FP, deg. C	LEL		Buhar Basıncı 20C, kPa	Uçuculuk			Pyrotropic Index of Adiabatic Expansion	Bağıl Yoğunluk, gaz/hava	Alevlenme Sıcaklığı, C	Grup veya NFPA Kategorisi	Temp Class	Diğer Bilgiler
				kg/m ³	vol %		Erieme Noktası, C	Kaynama Noktası, C							
1	Propan	C3H8	-104	0,031	1,7	637	-188	-42	-	1,554	470	IIA	T1		
2	Bütan	C4H10	-74	0,042	1,8	202,16	-140	-1	-	2,07	370	IIA	T2		
3	LPG		-104	0,042	1,8	420	-	-	-	1,55	410	IIA	T2		
4	Doğal Gaz		-184	0,029	4,4	gaz	-	-	-	0,6	580	IIA	T1		
5	Metan	CH4	-188	0,029	4,4	gaz	-182,5	-161,5	-	0,5545	580	IIA	T1		
6	Fuel Oil #4		55-65	0,043	1	6	-46	177-377	-	3,5	330	IIA	T2		
7	Atık Yağ		40-150	0,043	1	6	na	200			330	IIA	T2		

ZONE SINFLANDIRILMASI TABLOSU

2. Bölüm: Salınım Kaynakları Noktaları

No.	Tanım	Salınım Yeri	Yanıcı Madde				Havalandırma			Tehlikeli Bölge			Diğer Bilgiler		
			Bosalma Cinsi	Ret (2)	Çalışma Şartları	State (3)	Tip (4)	Derece (5)	Güvenlilik (5)	Zone 0-1-2	Dikey	Yatay		Zone Kapsamı, m	Ret
1	Flanj	Doğal gaz ana fabrika girişi, yüksek basınç hattı flanj kaçağı	Tali	1	16-26	19-25	G	N	ORTA	İYİ	Zone 2	1,1	1,1	IP15	
2	Pano içi flanj	Doğal Gaz Ana Giriş Elektrik Pano içi Vana Bağlantı Kaçağı	Tali	2	16-26	19-25	G	N	ORTA	ORTA	Zone 2	1,1	1,1	IP15	
3	Vana Bağlantı Flanji	Doğal Gaz Ana Giriş Basınç Tahiyeye Borusu Kaçakları	Tali	3	16-26	3-4	G	N	ORTA	İYİ	Zone 2	3	3	IP15	

4	Boru ağzı	Doğal Gaz Ana Giriş Basınç Tahliye Borusu	Tali	4	16-26	3-4	G	N	ORTA	İYİ	Zone 2	3	3	IP15	LPG buharı havadan ağır olduğu için yerde birikir. Yüzeylede kapsayacak şekilde 1,5 m.
5	Vana Bağlantı Flanji	LPG Tank Alanı, Plastik Boru Bağlantısı Kaçakları	Tali	11	16-26	1-3	LG	N	ORTA	İYİ	Zone 2	1,5	1,5	NFPA 497	
6	Plastik boru	LPG Tank Alanı, vana açikken, plastik borunun kopması ve bütün gazın kaçması	Tali	12	16-26	1-3	LG	N	ORTA	İYİ	Zone 2	1,5	1,5	NFPA 497	
7	Vana Bağlantı Flanji	LPG Pilot Borusunda Kontrol Vanasından Kaçak	Tali	13	16-26	1-3	LG	N	ORTA	ORTA	Zone 2	1,5	1,5	NFPA 497	
8	Pressure Switch	LPG Depo Alanı, 21 mm boru ve Ashcroft Basınç rölesi bağlantı kaçağı	Tali	14	16-26	1-3	LG	N	ORTA	ORTA	Zone 2	1,5	1,5	NFPA 497	

9	Flanj	Doğal gaz Santrali Bina Girişi, 3 bar hattı, kontrol vanası ve regülatör kaçakları	Tali	16	16-26	3-4	G	N	YÜKSEK	İYİ	Zone 2	1,1	1,1	IP15
10	Boru ağzı	Doğal gaz Santrali Bina Girişi, 3 bar hattı, aşırı basınç tahliye borusu (Ana Ball Vana Açık)	Tali	17	16-26	3-4	G	N	ORTA	İYİ	Zone 2	3	3	IP15
11	Boru ağzı	Doğal gaz Santrali Bina Girişi, 3 bar hattı, aşırı basınç tahliye borusu (Ana Ball Vana KAPALI)	Ana	18	16-26	3-4	G	N	ORTA	İYİ	Zone 2	3	3	IP15
12	Boru ağzı	Doğal gaz Santrali Bina Girişi, 300 mbar Basınç Güvenlik Vana Tahliyesi	Ana	19	16-26	0,3	G	N	ORTA	İYİ	Zone 2	3	3	IP15

13	Vana Bağlantı Flanji	Doğal gaz Santrali Bina İçİ, Boiler Yanı Kontrol Vanası Kaçağı, 300 mbar	Tali	20	16-26	0,3	G	N	ORTA	ORTA	Zone 2	1,1	1,1	IP15	
14	Gösterge flanji bağlantısı	Doğal gaz Santrali Bina İçİ, Korozyona Uğramış Basınç Göstergesi Kaçağı	Tali	21	16-26	0,3	G	N	DÜŞÜK	ORTA	Zone 1	1,1	1,1	IP15	
15	Kazan Bacası	Doğal gaz Santrali Kazanı İçinde Gaz Birikimi (pilot sönmesi ile oluşan)	Tali	22	16-26	0,3	G	N	ORTA	ORTA	Zone 1	İç hacim	İç hacim	IP15	Kazan İçİ Zone 1, Bacadan atmosfer çıkışı 1.1 m mesafe için Zone 2 ortam.
1	C - sürekli (>1000saat/sene); P - Ana (10-1000 saat/sene); S - Tali (<10 saat/sene)														
2	Senaryo numarası														
3	G – Gaz; L – Sıvı; LG – Sıvılaştırılmış Gaz; S - Katı														
4	N - Natural (doğal); A – Artificial (sunı)														
5	Bkz IEC 60079-10-1 Annex B														

	t, h =	0,04	0,5	0,04	0,04	0,05	0,05	0,05	3,4	0,05	0,05	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,3	1,3		
Sonuç	Havalandırma Derecesi, HD Eğer $V_z < 0,1 \text{ m}^3$ ise VH Havalandırma Derecesi = yüksek Eğer $V_z > V_0$, ise Havalandırma Derecesi, VI = Düşük Eğer Aralıktaysa, Havalandırma Derecesi, VM = ORTA	ORTA	ORTA	ORTA	ORTA	ORTA	ORTA	ORTA	ORTA	ORTA	ORTA	YÜKSEK	ORTA	ORTA	ORTA	ORTA	ORTA	DÜŞÜK	DÜŞÜK	ORTA
	Zone	ZONE 2	ZONE 2	ZONE 2	ZONE 2	ZONE 2	ZONE 2	ZONE 2	ZONE 2	ZONE 2	ZONE 1	ZONE 2	ZONE 2	ZONE 2	ZONE 2	ZONE 2	ZONE 2	ZONE 1	ZONE 1	ZONE 1
Yayılma Mesafesi IP15 ve IEC600079-10 Kriterleri Beraber	IP 15 ya da NFPA 497 Kategorisi NFPA Boşalma Derecesi veya IP15 Level	G(l)	G(l)	G(l)	Kat 1	Kat 1	Kat 1	Kat 1	Kat 1	G(l)	G(l)	G(l)	G(l)	G(l)	G(l)	G(l)	G(l)	G(l)	G(l)	G(l)
	Yayılma mesafesi, yangın, metre	1,1	1,1	3	3	1,5	1,5	DÜŞÜK	DÜŞÜK	DÜŞÜK	1	1,1	3	3	3	3	1,1	1,1	1,1	Tüm iç hacim

**PATLAMA RİSK ANALİZİ VE PATLAMADAN KORUNMA KILAVUZU HAZIRLANMASI
PROJE ADIMLARI**

1. Proje başlangıç toplantısı
 - a. Proje kapsamının belirlenmesi
 - b. Proje takımının belirlenmesi
 - c. Proje yöneticisi / analiz lideri atanması
 - d. Başlangıç proje toplantısında yönetim ekibinin katılımının sağlanması
2. Proje planı hazırlanması
 - a. Proje takvimi ve bütçesinin hazırlanması
 - b. Gerekli proje girdi ve çıktıların belirlenmesi
 - c. Matris organizasyon yapısının oluşturulması
 - d. Proje takım toplantısı yapılması
 - e. Proje bilgilendirme toplantısı (matrisde bulunan proje ekibinin bilgilendirilmesi)
3. Kapsam içinde bulunan proses ve ekipmanların tasarlanan kullanımı (fonksiyon/durum analizi)

Kılavuz bölüm 5.1, 6.1 (toz) ve 4.3 (gaz)

 - a. Kapsam içindeki proseslerin tanımları ve akış diyagramlarının hazırlanması
 - b. Proseslerin amacı ve ömrü
 - c. Prosesler içindeki ekipmanların teknik özelliklerinin bir araya getirilmesi
 - d. Proseste kullanılan hammadde, ara ürün ve son ürünlerin listesi
 - e. Bağlantılı proseslerin belirlenmesi
 - f. Proseslerin normal ve anormal durumlardaki beklenen özellikleri (sıcaklık, basınç, debi maksimum, minimum ve normal durumları), proses-kontrol şartlarının belirlenmesi
4. Proses teftişi

Kılavuz Bölümleri – 5.2 (toz), 6.2 (gaz)

 - a. Proje ekibi ile kapsamdaki proseslerin ziyareti
 - b. Akış diagramları boyunca malzeme girişinden, çıkışına kadar olan proseslerin ve buldukları bina/ortamın incelenmesi
 - c. Ortamdaki toz, gaz, sıvı birikimlerinin belirlenmesi
 - d. Toz malzemeler için birikim/kaçak örneklerinin toplanması
 - e. Operatörlerden proses anormal durumları, geçmiş kaza veya ramakkala durumları, temizlik ve bakım prosedürleri hakkında görüş alınması ve fabrika içindeki patlama ve yangınlara karşı çalışanların bilgi seviyesinin belirlenmesi
 - f. Proseslerde hazırda bulunan patlama ve yangın güvenlik tedbirlerinin incelenmesi
 - g. Proseslerin teftiş sırasındaki hallerinin fotoğraf ve video yardımı ile görüntülenmesi
 - h. Detaylı notların elektronik ortama aktarılması

5. Tehlikeli maddelerin özelliklerinin belirlenmesi
Kılavuz Bölümü - 4
 - a. Kapsam içinde kullanılan hammadde, ara madde ve son maddelerin alevlenme, yanma ve parlama özelliklerinin belirlenmesi
 - b. Malzemelerin MSDS bilgilerinin toplanması
 - c. Literatür analizi ve gerektiği durumlarda malzeme testlerinin yapılması
 - d. Elektronik olarak tehlikeli madde envanterinin hazırlanması

6. Proseslerde tehlikeli durumların belirlenmesi
Kılavuz Bölümleri - 5.2 , 5.3 (toz) 6.2, 6.3 (gaz)
 - a. Alev kaynakları ve oluşum olasılığı
 - b. Toz bulutu oluşumu, miktarı ve olasılığı
 - c. Proseslerdeki normal, anormal şartlardaki tehlikeli durumların belirlenmesi
 - d. Geçmiş kaza ve bakım raporlarının incelenmesi

7. Risklerin Tahmini
Kılavuz Bölümleri - 5.4, (toz), 6.4 (gaz), 7.1, 7.2 (toz), 7.3 (gaz)
 - a. Kapsam içindeki her proses için kaza senaryolarının hazırlanması
 - b. Kaçak, salınım ve kapsama alanlarının belirlenmesi
 - c. Parlayıcı gaz veya toz oluşumlarının ortamda bulunma miktar ve süresinin tahmini
 - d. ZONE sınıflarının belirlenmesi

8. Risk değerlendirmesi
 - a. Tehlikeli Zone sınıflarında alev kaynaklarının bir arada olma olasılığının tahmini
 - b. Risklerin etkilerinin ve kapsam alanının tahmini
 - c. Olan güvenlik sistemlerinin yeterliliklerinin belirlenmesi
 - d. Her prosesin risk değerinin hesaplanması

9. Risk azaltıcı önlemlerin alınması
Kılavuz Bölümleri - 7.2 (toz), 7.3 (gaz)
 - a. Orta ve yüksek risk sınıfına giren prosesler için risk azaltıcı önlem önerilerinin hazırlanması
 - b. Alınacak önlemlerle yeni risk değerlerinin hesaplanması

10. Patlamadan korunma dokümanı hazırlanması
 - a. Proje bulgularının rapor halinde sunulması
 - b. Raporun proje lideri, İSG yöneticisi ve fabrika müdürü tarafından onaylanması
 - c. Proje bulgularının mavi ve beyaz yaka çalışanlarına sunumu
 - d. Proje bulgularının yönetim ile paylaşılması

TİPİK BİR PATLAMADAN KORUNMA DOKÜMANI RAPORUNDA OLMASI GEREKEN ASGARİ BAŞLIKLAR

İçindekiler

1. Giriş
- 1.1 Gizlilik.....
- 1.2 Proje Kapsamında İncelenen Prosesler.....
- 1.3 İzlenen Metodoloji
- 1.4 İncelenen Prosesler ile Alakalı Gözlemler (opsiyonel)
2. Malzemelerin Alevlenme ve Patlama Özellikleri.....
3. Analiz Yapılan Prosesler, Durum ve Fonksiyon Analizi
4. Fabrika içindeki Ekipmanlar ve Yüzeyler için ZONE Sınıflandırılması
5. Potansiyel Alev Kaynaklarının Belirlenmesi
6. Tesiste Kullanılan Toz Patlamalarına Karşı Tedbirler.....
7. Risklerin Tahmini
8. Orta ve Yüksek Öncelikli Risk Sıralamalı Proseslerde (Risk 9 ve Üzeri) Önerilen Risk Azaltıcı Önlemler ve Bu Önlemler Alındıktan Sonraki Hesaplanan Yeni Risk Değerleri

Risk analizlerine katılımcı listesi (imzalı/tarihli formlar), rapor üzerinde İSG sorumlusunun imzası, proses yöneticisinin imzası gerekmektedir. Doküman proseslerde herhangi bir değişiklik yapılacağı zamanda güncellenmeli ve riskler kabul edilebilirse devam edilmelidir.

REFERANSLAR

- [1] BGV A 1 (VBG 1) General regulations)
- [2] BGR 104 (ZH 1/10) Regulations for the prevention of hazards as a result of explosive atmospheres, with examples
- [3] BGR 132 (ZH 1/200) Regulations for the prevention of ignition hazards as a result of electrostatic charging
- [4] BGR 133 (ZH 1/201) Measures for the Prevention of Sugar Dust Explosions
- [5] BIA-Report 11/97 Burning and explosion characteristics in dusts
- [6] DIN EN 1127-1 Explosive atmospheres, explosion protection Part 1: Fundamental principles and methods
- [7] DIN EN 60079 Installation of electrical equipment in hazardous areas, Repair and maintenance of operators intended for use in hazardous areas
- [8] VDI 2263 Dust fires and dust explosions Hazards – Assessment – Protection measures
- [9] NFPA 68, Guide for Venting of Deflagrations, 1998 edition.
- [10] NFPA 69, Standard on Explosion Prevention Systems, 1997 edition.
- [11] NFPA 72, National Fire Alarm Code®, 1999 edition.
- [12] NFPA 77, Recommended Practice on Static Electricity, 2000 edition.
- [13]NFPA 499, Recommended Practice for the Classification of Combustible Dusts and of Hazardous (Classified) Locations for Electrical Installations in Chemical Process Areas, 1997 edition.
- [14] NFPA 654 Standard for the Prevention of Fire and Dust Explosions from the Manufacturing, Processing, and Handling of Combustible Particulate Solids
- [15] AICHE Center for Chemical Process Safety, Guidelines for Safe Handling of Powders and Bulk Solids
- [16] DIRECTIVE 1999/92/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 16 December 1999 on minimum requirements for improving the safety and health protection of workers potentially at risk from explosive atmospheres (15th individual Directive within the meaning of Article 16(1) of Directive 89/391/EEC)
- [17] TS-EN60079-10 Patlayıcı ortamlar- Bölüm 10-2: Tehlikeli bölgelerin sınıflandırılması-Yanıcı toz atmosferler
- [18] Dust Explosions in the Process Industries Identification, Assessment and Control of Dust Hazards By Rolf Eckhoff

[19] TS 3491 EN 60079-10. PATLAYICI GAZ ORTAMLARINDA KULLANILAN ELEKTRİK CİHAZLARI İÇİN GENEL KURALLAR – BÖLÜM 10: TEHLİKELİ BÖLGELERİN SINIFLANDIRILMASI, Electrical apparatus for explosive gas atmospheres – Part 10: Classification of hazardous areas

[20] NFPA 497: Recommended practice for the Classification of Flammable Liquids, Gases or Vapors and of Hazardous (classified) Locations for Electrical Installations in Chemical Process Areas.

[21] NFPA 30: Flammable and Combustible Liquids Code

[22] NFPA 325: Guide to fire Hazard Properties of Flammable Liquids, Gases, and volatile Solids

[23] Model Code of Safe Practice Part 15: Area Classification Code for Installations Handling Flammable Fluids, UK Energy Institute







ÇİMENTO ENDÜSTRİSİ İŞVERENLERİ SENDİKASI
Merkez Köybaşı Cad. No:40 34464, Yeniköy/İSTANBUL
T444 2347(CEIS) +90(212)299 9222 F+90(212)299 1151
İrtibat Bürosu Tepe Prime A Blok Kat:18 Eskişehir Devlet Yolu
(Dumlupınar Bulv.) 9. km. No:266, 06800/ANKARA
T+90(312)447 2025 F+90(312)447 8517
www.ceis.org.tr