

T.C.
İNÖNÜ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ÇİMENTO SEKTÖRÜNDEKİ TOZLARIN TEHLİKELERİ VE RİSK
DEĞERLENDİRMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ
Atilla YILMAZ

İş Sağlığı ve Güvenliği Anabilim Dalı

Danışman
Prof. Dr. Hüseyin KARACA

Haziran-2025

T.C.
İNÖNÜ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ÇİMENTO SEKTÖRÜNDEKİ TOZLARIN TEHLİKELERİ VE RİSK
DEĞERLENDİRMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ
Atilla YILMAZ
36203627008

İş Sağlığı ve Güvenliği Anabilim Dalı

Danışman
Prof. Dr. Hüseyin KARACA

Haziran-2025

İNÖNÜ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜ

ÇİMENTO SEKTÖRÜNDEKİ TOZLARIN TEHLİKELERİ VE RİSK
DEĞERLENDİRMESİ

Tezi Hazırlayan: Atilla YILMAZ
Yüksek Lisans Tezi

TEŞEKKÜR VE ÖNSÖZ

Bu tez çalışmasının her aşamasında yardım, öneri, bilgi, tecrübe, desteklerini esirgemedi beni her konuda fikirleriyle ve bilgileriyle yönlendiren danışman hocam Sayın Prof. Dr. Hüseyin KARACA'ya,

Hayatımın her aşamasında beni destekleyen sevgili eşim Melek YILMAZ'a, üzerimde büyük emekleri olan rahmetli babama ve her zaman öğretmenim olan canım anneme, ciğerparelerim; Eymen Ömer, Elif Feyza ve Amine Zümra'ma...

Sonsuz Teşekkürler.

Atilla YILMAZ



ONUR SÖZÜ

Yüksek lisans tezi olarak sunduğum “Çimento Sektöründeki Tozların Tehlikeleri ve Risk Değerlendirmesi” başlıklı bu çalışmanın bilimsel ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yardıma başvurmaksızın tarafımdan yazıldığına ve yararlandığım bütün kaynakların hem metin içinde hem de kaynakçada yöntemine uygun biçimde gösterilenlerden oluştuğunu belirtir, bunu onurumla doğrularım.

Atilla YILMAZ



İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR VE ÖNSÖZ	ii
ONUR SÖZÜ	iii
İÇİNDEKİLER	iv
TABLolar LİSTESİ.....	vii
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	viii
SİMGELER VE KISALTMALAR	ix
ÖZET.....	x
ABSTRACT	xi
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER	4
2.1. Tozlar ve Tozların Sınıflandırılması	4
2.2. Toz Ölçümleri	6
2.3. Tozla Mücadele ve Önlemler	7
2.4. Toza Bağlı Meslek Hastalıkları.....	8
2.5. İş Sağlığı ve Güvenliği Kavramı ve Tanımı	12
2.6. Risk Değerlendirmesi Kavramı ve Tanımı	13
2.7. Risk Değerlendirme Süreci	14
2.7.1. Tehlikelerin tanımlanması	15
2.7.2. Risklerin belirlenmesi.....	15
2.7.3. Risk kontrol tedbirlerinin karşılaştırılması	15
2.7.4. Dokümantasyon.....	16
2.7.5. Risk değerlendirmesi ve yapılan çalışmaların yenilenmesi.....	16
2.8. Risk Değerlendirmesinin Yapılması Sırasındaki Çalışmada İzlenecek Adımlar.....	16
2.8.1.Tehlikeleri belirleme (1. adım).....	16
2.8.2. Riskleri derecelendirme (2. adım)	17
2.8.3. Risk kontrol tedbirlerinin belirlenmesi (3. adım)	17
2.8.4. Risk kontrol tedbirlerinin uygulanması (4. adım).....	18
2.8.5. Uygulamaların izlenmesi (5. Adım)	18
2.9. Risk Değerlendirmede Kontrol Önlemleri	18

2.10. Risk Değerlendirme Çalışmalarının Yapılmasının Yararları	19
2.11. Risk Değerlendirme Metodolojileri	20
2.11.1.Karar matrisi	21
2.11.2. Kontrol listesi metodu	21
2.11.3. Tehlike ve çalışabilirlik analizi (HAZOP)	22
2.11.4. Hata ağacı analizi metodu (FTA).....	22
2.11.5. Olay ağacı analizi metodu.....	23
2.11.6. Fine Kinney metodu.....	23
2.11.7. Hata türleri etkileri analizi (FMEA).....	26
2.12. Risk Değerlendirmesi Üzerine Yapılan Çalışmalar	26
3. ÇİMENTO SEKTÖRÜ VE İŞ SAĞLIĞI	28
3.1.Çimento Sektörü.....	28
3.1.1.Dünyada çimento sektörü	28
3.1.2.Türkiye’de çimento sektörü.....	31
3.2. Çimentonun Kimyasal Yapısı	33
3.2.1.Klinker hammaddeleri	33
3.2.2. Çimento katkıları	34
3.3: Çimento Sektöründe İş Sağlığı ve Güvenliği İle İlgili Mevzuat.....	36
3.4: Çimento Sektöründe Görülen Riskler	38
3.5. Çimento Üretimindeki Tehlikeler, Kazalar ve Yaralanmalar	41
4. MATERYAL VE YÖNTEM	44
4.1. Veri Toplama Süreci	44
4.1.1. Çimento ham maddesi (kalker) taş ocaklarında veri toplama süreci	44
4.1.2. Çimento fabrikalarında üretim aşamalarına ait veri toplama süreci	46
4.1.3. Hazır beton santralleri üretim aşamalarına ait veri toplama süreci	48
4.2. Veri Analizi Yöntemi	50
5. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA.....	51
5.1.Çimento Hammaddesi (Kalker) Taş Ocakları Toz Kaynaklı Risk Analizi.....	51
5.1.1.Taş ocaklarına ait risk skorlarına göre değerlendirilmesi	55
5.2. Çimento Fabrikalarında Üretim Aşamaları Toz Kaynaklı Risk Analizi.....	57
5.2.1. Farin değirmeni üretim aşaması toz kaynaklı risk analizi.....	58
5.2.2. Döner fırın üretim aşaması toz kaynaklı risk analizi	63

5.2.3. Çimento değirmi ve silolama aşaması toz kaynaklı risk analizi.....	69
5.3. Hazır Beton Santralleri Toz Kaynaklı Risk Analizi.....	75
5.3.1. Agrega boşaltımı ve aktarımı kaynaklı toz oluşumu	77
5.3.2. Araç hareketlerinden kaynaklı toz kaldırma.....	77
5.3.3. Torbalı çimento beslemesi ve katkı dozajlama aşaması	77
5.3.4. Mikser dolumu ve yükleme sürecinde toz maruziyeti.....	77
5.3.5. Hazır beton santrallerine ait risk skorlarının değerlendirilmesi.....	78
5.4. Sektörel Bazlı Toz Kaynaklı En Yüksek Risk Skorlarının Karşılaştırmalı Değerlendirmesi	81
5.4.1. Literatür ile karşılaştırmalı risk değerlendirilmesi.....	83
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	86
6.1. Taş Ocaklarına Yönelik Sonuçlar ve Öneriler	86
6.1.1. Sonuçlar.....	86
6.1.2. Öneriler.....	87
6.2. Çimento Üretim Tesislerine Yönelik Sonuçlar ve Öneriler	88
6.2.1. Sonuçlar.....	88
6.2.2. Öneriler.....	89
6.3. Hazır Beton Santrallerine Yönelik Sonuçlar ve Öneriler.....	90
6.3.1. Sonuçlar.....	90
6.3.2. Öneriler.....	91
6.4. Çimento Sektöründeki Tozların Tehlikelerine Yönelik Genel Öneriler	92
6.5. Gelecek Araştırmalar İçin Öneriler	93
KAYNAKLAR.....	94
ÖZGEÇMİŞ.....	100

TABLÖLER LİSTESİ

Tablo 2.1: Karar Matrisi Örneği (Risk Değerlendirmesi).....	21
Tablo 2.2: Kontrol Listesi Örneği [62].....	22
Tablo 2.3: Fine-Kinney yöntemi frekans değeri-Kinney [66].....	24
Tablo 2.4: Fine-Kinney yöntemi olasılık değeri-Kinney [66]	25
Tablo 2.5: Fine-Kinney yöntemi şiddet değeri-Kinney [66]	25
Tablo 2.6: Fine-Kinney risk puan grupları [66]	25
Tablo 3.1: Dünya Çimento İhracatı Yapan İlk 25 Ülke [74].....	29
Tablo 3.2: 2023-2024 Yıllarında Dünyada Çimento İthalatında İlk 10 Ülke.....	30
Tablo 3.3: Çimento Kaynakları Bileşenleri ve Kimyasal Formülleri.....	33
Tablo 3.4: Maruz kalma sınırları [87].	40
Tablo 3.5: Çalışma Ortamında Belirli Tehlikeli Maddelerin İzin Verilen Seviyeleri [84].	40
Tablo 3.6: Çimento Üretim Süreçleriyle İlişkili Ana Tehlike Faktörleri [83].....	43
Tablo 5.1: Çimento Hammaddesi (Kalker) Taş Ocakları Toz Kaynaklı Risk Değerlendirme Raporu.....	53
Tablo 5.2: Kalker Taş Ocaklarında Toz Kaynaklı DÖF'e Göre Risk Skorları	56
Tablo 5.3: Çimento Üretim Farin Değirmeni Aşaması Toz Kaynaklı Risk Değerlendirme Raporu.....	59
Tablo 5.4: Farin Değirmeni Üretim Aşamalarında Toz Kaynaklı DÖF'e Göre Risk Skorları	61
Tablo 5.5: Çimento Üretimi Döner Fırın Aşamasında Toz Kaynaklı Risk Değerlendirme Raporu.....	64
Tablo 5.6: Döner Fırın Üretim Aşamalarında Toz Kaynaklı DÖF'e Göre Risk Skorları ...	67
Tablo 5.7: Çimento Üretimi Çimento Değirmeni ve Silolama Aşamasında Toz Kaynaklı Risk Değerlendirme Raporu	70
Tablo 5.8: Çimento Değirmeni ve Silolama Aşamalarında Toz Kaynaklı DÖF'e Göre Risk Skorları	73
Tablo 5.9: Hazır Beton Santralleri Üretim Aşamasında Toz Kaynaklı Risk Değerlendirme Raporu	76
Tablo 5.10: Hazır Beton Santralleri Toz Kaynaklı DÖF'e Göre Risk Skorları	79
Tablo 5.11: Sektörel Bazda En Yüksek Toz Kaynaklı Risk Skorlarının Karşılaştırması ...	81

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 3.1: Çimento Endüstrisinde Sebeplere Göre Meydana Gelen İş Kazaları [83].....	42
Şekil 4.1: Hammadde (kalker) ocağı genel üretim aşamaları.....	45
Şekil 4.2: Çimento fabrikalarında genel üretim aşamaları	46
Şekil 4.3: Hazır Beton Santralleri genel üretim aşamaları	48



SİMGELER VE KISALTMALAR

AB	: Avrupa Birliği
ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
Al₂O₃	: Alüminyum Oksit
Ar-Ge	: Araştırma ve Geliştirme
CaCO₃	: Kalsiyum Karbonat
ÇSGB	: Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı
DDT	: Diklora Difenil Triklor Etan
Fe₂O₃	: Demir (III) Oksit
FMEA	: Failure Modes and Effects Analysis
HTEA	: Hata Türleri ve Etkileri Analizi
HAZOP	: Tehlike ve İşletilebilirlik Analizi
ILO	: Uluslararası Çalışma Örgütü
İSG	: İş Sağlığı Ve Güvenliği
İSGÜM	: İş Sağlığı ve Güvenliği Enstitüsü Müdürlüğü
KİP	: Diğer Tozlardan Kaynaklı Pnöмокonyozlar
KKD	: Kişisel Koruyucu Donanım
KOAH	: Kronik obstrüktif akciğer hastalığı
O	: Olabilirlik
OSGB	: Ortak Sağlık ve Güvenlik Birimi
PPE	: Personal Protective Equipment
R	: Risk
SiO₂	: Silisyum Dioksit
Ş	: Şiddet
TBT	: Tehlike Belirleme Takımı
WHO	: Dünya Sağlık Örgütü

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

ÇİMENTO SEKTÖRÜNDEKİ TOZLARIN TEHLİKELERİ VE RİSK DEĞERLENDİRMESİ

Atilla YILMAZ

İnönü Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
İş Sağlığı ve Güvenliği Anabilim Dalı

100 + xi sayfa

2025

Danışman: Prof. Dr. Hüseyin KARACA

Bu çalışmada, çimento sektörünün hammadde, üretim ve sahada kullanımdaki aşamalarında ortaya çıkan tozların iş sağlığı ve güvenliği kapsamında yer alan tehlikeler ve olası riskler tespit edilmeye çalışılmış olup sonrasında bu tehlike ve olası risklere karşı alınacak tedbirler detaylı olarak araştırılmıştır.

Çimento; inşaat sektöründeki altyapı, üst yapı, ulaşım ve barajların yapım aşamalarında önemli bir yere sahiptir. Yıllardan beri devam eden yapı malzemelerinin en önemlisi olarak önemini korumaktadır. Gelişen ve değişen inşaat sektöründe günümüzde daha alternatifi olmayan çimento gün geçtikçe dünyada büyüyen bir pazar oluşturmaktadır. Gelişmekte olan ülkeler başta olmak üzere, dünyanın her yerinde sık kullanılan bu yapı malzemesinin hammaddenin çıkarılması, fabrikaya taşınması ve özellikle üretim aşamalarının tamamında tozlar oluşmaktadır. Buna bağlı olarak iş sağlığı ve güvenliğinde birçok tehlike ve olası riski de barındırmaktadır. Bu kapsamda, Elazığ, Malatya ve Diyarbakır illerinden seçilen hammadde ocağı, çimento fabrikası ve hazır beton santrallerinden, benzer faaliyetleri yürüten ikişer veya üçer farklı tesisin risk analiz raporları temel alınarak oluşturulan ortak değerlendirme tabloları üzerinden, çimento tozlarının tehlikeleri ve risk analizleri Fine-Kinney risk analiz yöntemi ile detaylı olarak değerlendirilmiştir.

Sonuç olarak, çimento sektöründe toz kaynaklı risklerin bütüncül biçimde ele alınmasına katkı sağlamayı ve iş sağlığı ve güvenliği uygulamalarında sahaya yönelik model oluşturularak uygun çözüm önerileri sunulmaya çalışılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Çimento Sektörü, Çimento, Toz, Tehlike, Risk, Risk Değerlendirmesi, İş Sağlığı ve Güvenliği

ABSTRACT

Master's Thesis

HAZARDS AND RISK ASSESSMENT OF DUST IN THE CEMENT INDUSTRY

Atilla YILMAZ

İnönü University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Occupational Health and Safety

100 + xi pages

2025

Advisor: Prof. Dr. Hüseyin KARACA

In this study, the hazards and potential risks of dusts generated in the raw material, production and field use stages of the cement sector were tried to be determined within the scope of occupational health and safety and then the measures to be taken against these hazards and potential risks were investigated in detail.

Cement; has an important place in the infrastructure, superstructure, transportation and dam construction stages in the construction sector. It has maintained its importance as the most important of the construction materials that have been continuing for years. Cement, which has no alternative today in the developing and changing construction sector, is creating a growing market in the world day by day. This construction material, which is frequently used all over the world, especially in developing countries, generates dusts in the extraction of raw materials, transportation to the factory and especially in all production stages. Accordingly, it also contains many hazards and potential risks in occupational health and safety. In this context, the hazards and risk analyses of cement dusts were evaluated in detail using the Fine-Kinney risk analysis method, based on the common assessment tables created based on the risk analysis reports of two or three different facilities carrying out similar activities, from the raw material quarries, cement factories and ready-mix concrete plants selected from Elazığ, Malatya and Diyarbakır provinces.

As a result, it was attempted to contribute to the holistic handling of dust-related risks in the cement sector and to offer appropriate solution suggestions by creating a field-oriented model in occupational health and safety practices.

Keywords: Cement Industry, Cement, Dust, Hazard, Risk, Risk Assessment, Occupational Health and Safety

1. GİRİŞ

Gelişmekte olan ülkelerde ekonomik açıdan önemli bir yer tutan çimento sanayii, üretim sürecinin karmaşık yapısı ve çeşitliliği nedeniyle iş sağlığı ve güvenliği açısından ciddi riskler barındırmaktadır. Çimento sektörü, dünya genelinde olduğu gibi ülkemizde de iş kazaları ve meslek hastalıkları bakımından en riskli sektörlerden biri olarak kabul edilmektedir. Pek çok yaşamsal tehlikeyi içeren bu sektörde, son yıllarda ülkemizde iş güvenliği, çalışan sağlığı ve risk yönetimi konularında çeşitli çalışmalar yapılmaya başlanmıştır. İş sağlığı ve güvenliği yönetim sistemlerinin temel amacı, çalışma ortamlarından kaynaklanan tüm tehlike ve sağlık risklerini en aza indirerek çalışanların sağlığını korumaktır. Özellikle tozlu çalışma ortamları, çalışan sağlığı açısından önemli tehditler oluşturmakta; solunabilir tozlar, mesleki solunum hastalıklarına yol açarak ciddi sağlık sorunlarına neden olabilmektedir.

Çimento, bir ülkenin en önemli sanayi girdilerinden biri olarak, yüz binlerce yapının temel yapı malzemesini oluşturan hayati bir üründür. Evlerden yollara, barajlardan havalimanlarına, köprülerden altyapı projelerine kadar pek çok yapının inşasında kullanılan betonun vazgeçilmez bileşeni olan çimento, modern toplumların yapı taşıdır. Bu nedenle çimento, gelişmekte olan ülkeler için olduğu kadar Türkiye açısından da stratejik bir öneme sahiptir. Ülkemizdeki ilk çimento fabrikası, 1911 yılında Darıca’da 20.000 tonluk kapasiteyle üretime başlamıştır. Hemen ardından, 1912’de Eskişehir Çimento Fabrikası faaliyete geçmiştir. Cumhuriyet’in ilanı ile birlikte yeni fabrikaların devreye alınmasıyla hem üretim artmış hem de büyüyen çimento ihtiyacının karşılanabilmesi adına ithalata devam edilmiştir.

Günümüzde sektör, ham madde hususunda tümüyle öz kaynakları değerlendiriyor ve üretimiyle de ülkemizin çimento gereksinimini giderebiliyor. Masraf azaltıcı çağdaştırma yatırımları ve AB standartlarına uygun üretim gerçekleştiren Türk çimento sektörü, yurdumuzda, şehirselleşme projelerine ağırlık verilmesiyle inşaat sektörüyle beraber büyüme eğilimine giren önemli sektörlerden biri olarak dikkat çekmektedir.

Türkiye çimento sektörü 2023 yılında toplam 119.923.505 ton üretim gerçekleştirmiştir. Aynı yıl iç piyasada 89.214.873 ton çimento tüketilirken, 30.708.632 ton ihracat yapılmıştır. 2023 yılı itibarıyla ihraç edilen çimento miktarı, toplam üretimin yaklaşık %25,6’sına denk gelmektedir.

Türkiye genelinde 2023 yılı sonu itibarıyla 56 entegre ve 21 öğütme tesisi olmak üzere toplamda 77 çimento fabrikası faaliyet göstermekte olup, sektör yaklaşık 17.000 kişiye doğrudan istihdam sağlamaktadır [1].

Sanayileşmenin ve şehirleşmenin artmasıyla birlikte, çimento üretimi inşaat sektörüyle paralel bir büyüme göstermekte; buna bağlı olarak da iş sağlığı ve güvenliği alanındaki riskler çeşitlenmektedir. Özellikle **6 Şubat 2023 tarihinde meydana gelen Kahramanmaraş merkezli büyük depremler**, bölgede yıkılan yapıların yeniden inşası sürecinde çimento talebini önemli ölçüde artırmış, bu artış sektördeki iş yükünü ve dolayısıyla risk potansiyelini de yükseltmiştir [2].

İş sağlığı ve güvenliği, modern toplumlarda insan odaklı yaklaşımın ve sürdürülebilir kalkınmanın ayrılmaz bir parçası hâline gelmiştir. Bu kavram, yalnızca iş kazalarını ve meslek hastalıklarını önlemeyi değil; aynı zamanda çalışma ortamlarının daha sağlıklı, güvenli ve verimli hâle getirilmesini hedefler. Teknolojinin gelişmesi, iş gücünün makineleşmesi gibi etkenler insana olan ihtiyacı ortadan kaldırmamış; aksine, insan faktörünün daha iyi korunması gerekliliğini doğurmuştur [3].

İş sağlığı ve güvenliği, günümüz modern toplumlarında insan faktörüne verilen değerin bir yansıması olarak sürekli ilerleyen ve gerektiğinde yeni teknolojilerle yenilenen bir bilim dalıdır. Bu alanda yapılan çalışmaların temel hedefi; çalışanları iş kazaları ve meslek hastalıklarından korumak ve onların daha iyi koşullarda çalışmasını sağlamaktır. Sanayideki ve teknolojiye gelişmeler, yüksek kalitede ve uygun fiyatlı ürün üretimi için rekabeti artırmakta. Bu rekabet, tüm sektörlerde daha çok yaşandıkça, iş kazaları ve meslek hastalıkları da daha sık gündeme gelmektedir.

İnsan gücü, büyüyen ve yayılan teknoloji içinde ne kadar makinelerin ve gelişmiş sistemlerin yerini aldıysa da, insanın kıymeti azalmak yerine daha da artıyor. Gelişen ve yayılan teknoloji içinde, üretim süreçlerinde çalışanların her gün karşılaştıkları ve zamanla daha çok ortaya çıkan sorunlar iş kazaları ve meslek hastalıklarıdır. Önce pek önemsenmeyen bu problemler, iş verimini, işletmeyi ve çalışanların hayatını riske atmasıyla önemli hale gelmiş ve üstünde düşünülüp çalışılması ve gerekli önlem ve tedbirlerin alınması zorunlu hale gelmiştir. Bu amaçla yapılan çalışmalar sonucunda iş yerindeki çalışma düzeni ve şartlarıyla ilgili bazı kurallar ve kanunlar yürürlüğe girmiştir.

Çalışma yerlerinde, iş sağlığı ve güvenliğinin temel prensibi olan çalışanların sağlığını koruma ve güvenceye alma çabası, hasta olan ve kaza geçirenlerin tedavisine kıyasla daha önemlidir. Bu doğrultuda, çalışanların düzenli sağlık takiplerinin yapılması, çalışma ortamındaki risklerin ve tehlikelerin belirlenerek ortadan kaldırılması hedeflenir, böylece hastalık ve yaralanmaların önüne geçilir. Hastalık veya yaralanma sonrası tanı ve tedavi süreçleri genellikle yüksek maliyetlere yol açarken, alınacak koruyucu önlemler çoğu zaman daha düşük maliyetlidir. Çalışanlar, iş yerinde fiziksel, kimyasal, biyolojik ve psikososyal çeşitli risklere maruz kalmaktadır. Üretim güvenliği için kullanılan ham madde ve yardımcı maddelerin çalışanlar üzerindeki zararlı etkileri, iş sağlığı ve güvenliği sorunlarının temelini oluşturmaktadır.

Mevcut çalışmada, Elazığ, Malatya ve Diyarbakır'da var olan; çimento hammadde ocakları, üretim fabrikaları ve çimentonun kullanımının en yoğun olduğu hazır beton santrallerinden özellikle çalışmalarımızı yapmamız konusunda çalışma sahalarını ve konu ile alakalı yetkili İSG uzmanları ve firmaların yapmış olduğu risk analiz raporlarına göre oluşan tozların tehlike ve risk kaynakları belirlenmeye çalışılmış, iş sağlığı ve güvenliği açısından gerekli değerlendirmeler yapılmıştır. Bu kapsamda, hammadde, üretim ve kullanım aşamalarında tehlike kaynakları ve olası risk unsurları ele alınmış; bu risk kaynaklarını ortadan kaldırabilecek veya en aza indirgeyebilecek gerekli önlemler detaylıca tartışılmıştır.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Tozlar ve Tozların Sınıflandırılması

Çalışma alanında bulunan ve havaya dağılma potansiyeli taşıyan parçacıklar, toz olarak adlandırılmaktadır [4]. Bu parçacıkların boyutları 1 ila 100 mikron arasında değişir. Ancak sağlık açısından en kritik boyut aralığı, 0,5 ile 5 mikron olan solunabilir veya ince tozlardır. Bu boyuttaki tozlar, solunum yolu ile akciğerlere girebilirler. Akciğerlere ulaşan bu tozlardan bazıları, vücudun güçlü savunma sisteminin solunum ve salgı süreçleri sayesinde temizlenir. Ancak geride kalanları, akciğerlerde birikerek 10 ila 20 yıllık bir dönemde solunum hastalıklarına yol açabilir [5] [6].

Farklı sektörlerde, tozlu ortamlara sıkça rastlanmaktadır. En fazla toza maruz kalan sektörler şunlardır [7].

- Toz oluşumuna neden olan işlemler arasında patlatma, kırma, delme ve öğütme gibi mekanik faaliyetler ile kaynak uygulamaları yer almaktadır.
- Kumlama ve zımparalama işlemleriyle birlikte, ağaç kesimi ve mobilya üretimi sırasında da havaya önemli ölçüde toz yayılmaktadır.
- Maden işletmeleri, demir-çelik üretimi, metal sanayisi, tünel, yol ve baraj inşaatları ile döküm faaliyetleri bu kapsamda değerlendirilmektedir. Porselen imalatı, tuğla ve kiremit üretimi, mermer işleme, pamuklu dokuma, çırçır fabrikaları, sigara üretimi ve çimento sanayi de toz kaynaklı riskler barındıran sektörlerdir.
- Tahıl siloları, un değirmenleri ve un fabrikalarının yanı sıra taşıma, depolama ve yüzey işleme işlemleri de toz salınımının yaygın olduğu alanlardandır.

Tozlar kimyasal yapısına göre iki gruba ayrılır. Birincisi organik tozlardır. Bu tozlar, akciğerde birikmez ve fibrojenik etki yaratmazlar. Ancak alerjik tepkimeler yoluyla solunum yollarında kasılmalara neden olarak kronik akciğer hastalıklarına yol açabilirler [5].

- Hayvansal tozlar (örneğin saç ve tüy).
- Bitkisel tozlar (pamuk, un, ağaç ve saman tozu gibi).
- Sentetik tozlar (örneğin trinitrotolüen ve DDT).

İkinci toz grubunda ise İnorganik tozlar yer alır. Bunlar, akciğerde birikir ve fibrozis oluşturma riski taşır [5].

- Metal tozları (demir, çinko, bakır tozu gibi).
- Metal olmayan tozlar (kömür ve kükürt).
- Doğal bileşen tozları (kil, mineraller, maden cevherleri vb.).
- Kimyasal bileşen tozları (çinko oksit, mangan oksit vb.).
- Mineraller (kristal yapıda silika tozu).
- Asbest lifleri ve yapay mineral lifleri içeren tozlar (alüminyum silikat lifleri).

Öte yandan, çalışan sağlığını tehdit eden tozlar, biyolojik etkileri açısından altı ana kategoriye ayrılmaktadır [8]. Bunlar, aşağıda kısaca açıklanmıştır.

i. Fibrojenik tozlar (solunum sistemi açısından zararlı olanlar): Solunum yollarında tahribata yol açarak pnömokonyoz gelişimine neden olan tozlar bu gruba girer. Silika türleri (kuvars, kristobalit, tridimit), silikat bileşikleri (asbest, talk, mika) ile birlikte kalay ve kömür tozları bu kapsamda değerlendirilir [8].

ii. Toksik tozlar: Karaciğer, böbrek, mide ve bağırsaklar gibi iç organların yanı sıra sinir sistemi, solunum yolları ve hematopoetik sistem üzerinde akut ya da kronik toksik etkiler gösterebilen tozları ifade eder. Bu grupta çoğunlukla ağır metal tozları yer alır; örneğin kurşun, krom, arsenik, mangan ve vanadyum gibi elementler bu kapsamdadır [8].

iii. Kanserojen tozlar: İnsanlarda kanser oluşumuna neden olabilen bu tozlar, genellikle çeşitli iç ve dış etmenlerin etkileşimi sonucunda etkili olmaktadır. Asbest, arsenik, kromat bileşikleri (kalsiyum, potasyum, sodyum), berilyum ve nikel bu gruba dâhil edilen başlıca maddelerdir [5], [8].

iv. Radyoaktif tozlar: Genetik bozukluklara ve hücre ile dokularda zarar vermeye neden olan radyoaktif tozlar mevcuttur. Bu gruptaki tozlar uranyum, toryum, trityum, radyum, seryum ve zirkon bileşenlerini içerir [5], [8].

v. Alerji yaratan tozlar: Bu tozlar, solunum yollarında kasılmalara neden olarak astım benzeri etkiler oluştururken cilt ile temas ettiklerinde alerjik tepkilere yol açabilir [5].

Bakteriler, küf, maya ve polenler alerjiye yol açabilecek unsurlar arasındadır. Ayrıca bu grupta tahıl ve kereste gibi tozlar da yer alır [8].

vi. İnert tozlar: Bu tozlar, vücutta birikim yapabilen fakat toksik ya da fibrojenik etkisi bulunmayan tozlardır [5].

Kireç taşı, mermer, alçı taşı ve tütün tozu bu tür tozlara örnek gösterilebilir. Bu tozlar, vücutta herhangi bir kimyasal reaksiyona girmeden lenfatik sistem aracılığıyla vücuttan atılmaktadır [9].

2.2. Toz Ölçümleri

İş sağlığı ve güvenliği kapsamında, iş yerlerinde hijyenle ilgili ölçüm, test ve analizler gerçekleştirilmekte; bu veriler raporlanarak mevzuata uygun biçimde değerlendirilmektedir. Bu kapsamda, iş sağlığı ve güvenliği ile ilgili olarak toz ölçümleri de yapılmaktadır [10].

Çalışma alanlarındaki olası tehlikelerin belirlenmesi ve gerekli önlemlerin alınabilmesi için risk analizi yapmak, ölçümle birlikte büyük önem taşımaktadır. Bu ölçüm sayesinde iç mekan havasındaki kirletici yoğunlukları tespit edilmektedir. Ölçüm sonuçları, ortamın kirleticileri ve maruziyete bağlı olarak gelişebilecek sağlık etkileri açısından da değerlendirilmektedir [11].

Kapalı alanlarda toz analizi yapılırken, farklı yöntemler kullanılmaktadır. Bunlar arasında gravimetrik metod, radyometri/ β ışını absorpsiyonu ölçüm tekniği, reflektometri tekniği, nefhelometri ölçüm yolu ve piezoelektrik terazi ölçüm tekniği yer alır [12].

Gravimetrik ölçüm yöntemi, alınan örneğin saf hali veya bileşenlerin elemanlarına ayrılması ile toz parçacıklarının kütlesinin ölçülmesine dayanan bir nicel analiz tekniğidir. Çalışma alanlarında maruz kalınan toz miktarı, gravimetrik yöntemle belirlenirken, öncelikle örnek alımının yapılacağı bölgeler ve numune alınacak çalışanlar tanımlanır. Çalışanların solunum alanına yerleştirilen kişisel toz ölçüm cihazları vasıtasıyla filtreler üzerinde toz birikir. Ölçüm öncesinde, 24 saat boyunca kirden ve nemden uzak tutulmuş filtrelerin ağırlığı hassas terazi kullanılarak ölçülür. Ölçümler, en az üç kez ve en az 30 dakika tekrarlanır. Ölçüm sonuçları alındıktan sonra, filtreler yeniden tartılarak gerekli hesaplamalar gerçekleştirilir. Hesaplama aşamasında, günlük 8 saatlik bir çalışma süresi sonunda maruz kalınacak toz miktarı, kullanılan formüller aracılığıyla belirlenir [13].

2.3. Tozla Mücadele ve Önlemler

İşveren, toz bulunan çalışma bölgelerinde risk değerlendirmesine dayanarak, belirli aralıklarla toz ölçümleri yapılmasını sağlamalıdır. Ayrıca, çalışanların toz maruziyetinin olduğu durumlarda herhangi bir değişiklik olduğunda ölçümlerin yenilenmesi gereklidir ve ölçüm sonuçları, yönetmelikte belirtilen mesleki maruziyet limitleri dikkate alınarak değerlendirilmelidir [14]. Ölçüm sonuçlarına göre alınacak önlemler belirlenerek, zararlı maruziyetlerden koruma sağlanmalıdır [15].

Toz yoğunluğunun, yönetmelikteki sınırlar dahilinde tutulması için çeşitli tedbirler alınmalıdır. Yapılan çalışmalar sonrasında toz ölçümleri tekrarlanmalı ve toz yoğunluğu, belirlenen sınırlar içinde kaldığında ya da altına indiğinde çalışma izni onaylanmalıdır [14].

İş yerlerinde tozdan doğabilecek tehlikelerin bertaraf edilmesi maksadıyla iş sağlığı ve güvenliği bakımından çalışanların tozun tesirlerinden korunmaları ve tozla savaş için yapılması gereken önlemler Tozla Mücadele Yönetmeliği'nde açıklanmıştır [14].

- İşveren, işyerinde toz kaynaklı olumsuz etkilerin belirlenebilmesi adına öncelikle risk değerlendirmesi yapmakla yükümlüdür. Çalışanların sağlığını tehdit edebilecek durumların tespiti amacıyla, Risk Değerlendirmesi Belgesinin tüm aşamalarında “toz” unsuruna karşı, mesleki maruziyeti esas alan uygun ve yeterli bir değerlendirme gerçekleştirilmelidir [16]. Bu süreçte öncelikle yapılacak işin niteliğine uygun önlemler belirlenmeli; işletmenin büyüklüğüne göre maruziyetin türü ve yayılma durumu tespit edilerek, risk değerlendirmesi sonucunda öngörülen tehlikeleri en aza indirecek şekilde iş organizasyonu yapılmalıdır. Risk değerlendirmesinin, işe başlamadan önce gerçekleştirilmesi, tehlikelerin ortadan kaldırılmasında en kritik adımlardan birini oluşturmaktadır [15].
- Risk değerlendirme sonuçları, çalışanlarla ve temsilcileriyle paylaşılmalı, fikirleri ve katkıları istenmelidir. Risk değerlendirmesiyle elde edilenler; tehlikeye maruz kalan çalışanlar, maruz kalma düzeyi ile riskin seviyesi, riskin ne zaman ortaya çıkacağı, hangi tedbirlerin alındığı/alınacağı, zamanı ve görevlileri kapsayacak biçimde kaydedilmelidir [16].
- Kontrol önlemleri alınmaksızın bir ortamda ya da alıcıda gerçekleştirilen hareketler, diğer çalışanların da aynı tehlikeye yani toza beklenmedik şekilde maruz kalmasına yol açabilir. Tozla mücadelede, kaynağında uygulanabilecek yöntemler arasında;

tozun oluşumuna neden olan unsurların ortadan kaldırılması, kullanılan toz miktarının azaltılması, zararlı maddelerin daha az tehlikeli alternatiflerle değiştirilmesi ya da maruziyetin etkisini sınırlayacak biçimsel değişikliklerin yapılması yer almaktadır. Bu tür yöntemlerin, uygulanabilir ve teknik açıdan kabul edilebilir olmalarının yanı sıra, yeni riskler oluşturmamaları da gereklidir. Örneğin, daha az toz üreten ancak yüksek düzeyde gürültü oluşturan bir üretim süreci, uygun bir çözüm olarak değerlendirilemez [17].

- Tozla savaşında diğer bir usul, tozun ıslatılmasıdır. Yaş yöntem kullanılması ile parçacıkların birbirine tutunması sağlanarak, havada asılı kalması engellenir ve parçacıklar ortama yayılmadan etkili bir toz kontrolü elde edilir [18].
- Eğitim ve bilgilendirme, toz kontrolünün en temel bileşenlerindendir. Hem işçilerin hem de işverenlerin bilinçlendirilmesi, sorunun kavranması, etkili toz kontrol yöntemlerinin uygulanması ve işyerinde çalışanların düzenli olarak izlenmesi açısından büyük önem taşır [19]. Çalışanlar, yürüttükleri işin niteliği ve bu işin içerdiği özel riskler hakkında kapsamlı eğitimlerden geçirilmelidir. Örneğin, silika ile çalışılan iş ortamlarında görev yapan işçilerin çoğu, silikozis hastalığının ne olduğunu ve bu hastalık ile iş koşulları arasındaki ilişkiyi bilmemektedir. Bu nedenle, çalışma alanlarında silika maruziyetine yol açabilecek durumlar belirlenmeli, gerekli kontrol önlemleri hayata geçirilmeli ve bu önlemlerin önemi vurgulanmalıdır. Ayrıca, sigara gibi zararlı alışkanlıklardan kaçınılmasının gerekliliği çalışanlara açıkça anlatılmalıdır [15].

2.4. Toza Bağlı Meslek Hastalıkları

Tozlara maruz kalan bireylerde yalnızca alerji ve astım gibi solunum yolu rahatsızlıkları değil, aynı zamanda mukozada meydana gelen mekanik hasarlar, cilt hastalıkları, bazı kanser türleri ve pnömokonyoz gibi ciddi sağlık sorunları da gözlemlenebilmektedir [15] [20] [21]. Alveollere kadar ulaşarak biriken tozlar, çeşitli akciğer hastalıklarının gelişimine neden olur ve bu tabloya "pnömokonyoz" adı verilir. Pnömokonyozun alt türleri, maruz kalınan tozun çeşidine göre adlandırılır: örneğin, kuvars tozuna maruz kalma durumunda silikozis, asbest tozuyla temas halinde asbestoz, demir tozuna maruz kalındığında ise sideroz ortaya çıkar [22] [23]

Tozların sağlık üzerindeki etkilerini belirleyen faktörler arasında bireysel farklılıklar, tozun oluştuğu malzeme ve üretim süreci, çalışma süresi ve yoğunluğu, havalandırma koşulları ve kişisel koruyucu donanım kullanımı gibi iş öyküsüne dair unsurların yanı sıra, partiküllerin fiziksel nitelikleri de büyük önem taşır. Solunum yoluyla alınan bu partiküller; nazofarenjiyal bölge, trakeobronşiyal alan ve alveollerde birikerek çeşitli sağlık sorunlarına yol açabilir [24].

Solunan tozun vücutta hangi bölgede ayrışacağı, partikül çapına bağlıdır: 25 mikrometreden büyük parçacıklar burun ve geniz bölgesinde, 10–25 mikrometre aralığındakiler trakea ve bronşlarda, 10 mikrometreden küçük olanlar ise doğrudan akciğer alveollerinde birikir [25]. Ayrıca, tozla temas süresi de hastalık riskini etkileyen önemli bir faktördür [14]. Bu tür hastalıklar genellikle 10 yıl veya daha uzun süre tozlu ortamlarda çalışan bireylerde görülse de, bazı durumlarda yalnızca 3 yıl gibi daha kısa sürelerde de gelişebilmektedir. Organik tozlar; alerjik reaksiyonlara, mukozal tahrişe, astıma, kronik bronşite ve hatta kansere neden olabilirken, pamuk tozuna bağlı olarak gelişen bissinoz adlı hastalık ve odun tozlarının yol açtığı astım ve dermatit gibi durumlar da söz konusudur. Öte yandan, inorganik tozlar özellikle alveollerde doku hasarı oluşturarak kronik akciğer hastalıklarına zemin hazırlar [5]. Bu hastalıkların başlıcaları şunlardır [5] [8].

- Asbestoz
- Silikozis
- Kömür tozu hastalığı
- Sideroz

Diğer sık görülen mesleki akciğer hastalıkları ise aşağıdaki gibidir:

- Akciğer kanseri
- Mesleki astım (maruz kalma süresi 1 yıl)
- Kronik obstrüktif akciğer hastalığı (KOAİ)
- Ağırlıkla ağır metal hastalıkları
- Maligniteler (sinonazal, akciğer, plevra (mezotelyoma))
- Enfeksiyon hastalıkları (tüberküloz, virüs, bakteri)

Silika tozuna bağlı gelişen meslek hastalıkları, önemli bir sağlık sorunu olarak öne çıkmaktadır. Silika, doğada oldukça yaygın bulunan bir mineral olup; kristalin (kuvars,

kristobalit, tridimit), kriptokristalin (kasedony) ve amorf (opal) olmak üzere farklı formlarda mevcuttur [26]. Bu tür mesleki maruziyetlere bağılı olarak ortaya çıkan bazı hastalıklar aşığıda örneklenmiştir.

i. Silikozis; silisyum dioksit kristallerinin solunması ile oluşan bir pnömokonyoz çeşididir [27]. Silikozis, akciğerde sürekli bir reaksiyona neden olarak, akciğerlerde kollajen liflerinin artışına yol açmakta ve bu durum fibrozise neden olmaktadır. Dünya genelinde en yaygın mesleki akciğer hastalığı silikozis olarak bilinmektedir [28]. Bu hastalık; nefes darlığı, göğüs ağrısı, iştah kaybı, solunum yetmezliği ve ateş gibi semptomlarla kendini göstermektedir. Fibrozis ve artan nefes darlığına bağılı olarak ölüme yol açabilir. Silikozisin gelişiminde, düşük konsantrasyonlu (kronik) maruziyetler için 15-20 yıl, yüksek konsantrasyonlu (akut) maruziyetler için ise 5-10 yıl yeterlidir [29], [30]. Bilinen etkili bir tedavisi yoktur. Hastaların yönetimi, durumun ilerlemesini ve olumsuz sonuçların ortaya çıkmasını önlemeye yöneliktir [31]. Diş teknisyenleri, kumlama işçileri, kayrak değirmeni çalışanları, taş ocağı işçilerinin yanı sıra madencilik ve tünel açma gibi işler, silikozis riskini taşır. Herhangi bir sektörde toprak veya taşın işlenmesi durumunda da bu tehlike mevcuttur [30], [32], [33].

ii. Tüberküloz: Silikozis ilerledikçe çeşitli mantar veya mikrobiyal enfeksiyonlar gelişebilir. Bunlar arasında en yaygın şekilde görülen, tüberkülozdur. Silika tozu ile bağlanan makrofajların Mycobacterium tuberculosis bakterilerini yok edememesi nedeniyle tüberküloz meydana gelir. Silikozis hastalarının tüberküloz riskinin yaklaşık 30 kat arttığı saptanmıştır. Bu nedenle, sürekli maruziyetin sona erdirilmesi ve tüberküloz açısından takiplerin yapılması gereklidir [31].

İlave olarak, asbest tozuna bağılı meslek hastalıkları da oldukça dikkat çekicidir. Asbest, dünya üzerinde doğal olarak bulunan lifli kristallerden oluşan bir mineral grubunun genel adıdır. Gelişmiş ülkelerde sanayinin ilerlemesiyle, özellikle madencilik, inşaat ve diğer sanayi kollarında çalışan bireylerin asbest maruziyeti sonucunda asbest ile ilişkili meslek hastalıkları ortaya çıkmıştır [34]. Bu hastalıklar aşığıda özetlenmiştir.

iii. Asbestozis: Asbest liflerinin solunum yoluyla akciğerlerde birikmesi sonucunda bir akciğer fibrozisi ortaya çıkar. Vücuttaki asbestin çözöldüğünde açığa çıkan asit, akciğer dokusunda yaralara yol açar. Bu durum ilerledikçe asbestozis, akciğerin genişlemesini engeller, oksijenin geçmesini zorlaştırır, nefes almakta güçlük yaratır ve akciğer kanserini

tetikleyebilir. İlk maruziyetten sonra hastalığın ortaya çıkması için 15-20 yıl geçmesi gerekmektedir [35].

Asbestozis geliştiğinde, maruziyet durdurulsa bile hastalığın ilerlemeye devam ettiği görülür. Belirtileri arasında sürekli nefes darlığı ve kuru öksürük vardır, bunlar nedenle hırıltı oluşabilir. Hastalık ilerledikçe bronş kanseri riskinin arttığı bilinir. Asbestozis için bilinen bir tedavi mevcut değildir. Maruz kalan bireylerin çok azında belirgin hastalık gözlemlenirken, çoğunda önemli bir solunum sorunu olmaz.

iv. Akciğer kanseri: Akciğer kanseri, asbest maruziyeti sonucu akciğer dokusunda meydana gelen kontrolsüz hücre büyümesiyle gelişen ve bu hücrelerin kanserli tümörler oluşturmaya yol açan bir hastalıktır. Oluşan tümör, çevresindeki dokulara doğru yayılır ve hava yollarını tıkayarak solunumu engeller. Asbest maruziyetinin ardından hastalığın ortaya çıkması genellikle 20 yıl sürebilir. Akciğer kanseri riski, vücuda giren asbest miktarı ile sigara içme alışkanlıkları arasında güçlü bir ilişkiye sahiptir. Asbestle çalışan ve sigara içen bireylerde, sigara içmeyen ve asbest maruziyeti olmayan kişilerle kıyaslandığında kanser riski 50 ila 90 kat daha yüksek olabilmektedir.

v. Mezotelyoma: Plevra, perikard ve periton gibi seröz zarların kanserli tümörü olan mezotelyoma, nadir bir hastalık olmakla birlikte kötü gidişata sahip bir kanser türüdür [36]. Mezotelyoma, asbest tozunun yol açtığı en ciddi hastalık olarak kabul edilmektedir. Bu kanser, akciğer zarı dışında kalp zarında, tünika vajina ve testiste de görülebilmektedir. İlk asbest maruziyeti ile hastalığın ortaya çıkması arasında 30-40 yıl süre geçebilir. Hastalık teşhis edildikten sonra, genellikle bir veya iki yıl içinde ölüm beklenmektedir. Başlangıçta belirtileri yoktur. Ancak göğüs ağrısı ve nefes darlığı ile ortaya çıktığı belirlenmiştir [37].

Diğer Tozlardan Kaynaklı Pnömokonyozlar da sıklıkla görülmektedir. Bu hastalık, kömür madenciliği işçilerinde görülen bir akciğer hastalığı türüdür. Hastalığın ilerlemesi uzun zaman alır, silikozise göre daha yavaş ilerler. Bu yüzden ağır solunum problemleri ve kalp yetmezliği sık rastlanmaz [9]. Basit KİP vakaları çoğunlukla belirti göstermez. Komplike durumda, önce eforla nefes darlığı başlar, hastalık ilerledikçe istirahatte de nefes darlığı olur. İlerleyen masif fibrozis (kömür makülü) solunum yetmezliği ve ölüme sebep olabilir [24].

vi. Sideroz, demir veya demir oksit tozlarının akciğerde birikmesiyle meydana gelen bir pnömokonyoz çeşididir[9]. Diğer atıl tozlara göre demir tozu maruziyeti daha sık görülür.

Birçok meslek dalında demir oksit tozlarına maruziyet vardır. Özellikle kaynakçılık, elektrik ve asetilen kaynakçılığı en riskli iş kollarındandır. Demir/çelik cevheri çıkarma/işleme, döküm sanayi ve mıknaş üretimi diğer riskli işler arasındadır. Siderozis genellikle belirtisiz seyreder. Uzun süre saf demir oksit tozuna maruz kalanlarda kalıcı fonksiyonel bir hasar tespit edilmemiştir. Demir bazen silis ile birlikte bulunur ve karışık toz maruziyeti meydana gelir. Bu duruma siderosilikozis adı verilir. Siderosilikozisli kişilerde zamanla öksürük ve nefes darlığı şikayetleri görülebilir [9], [26].

vii. Bisinoz: Bisinoz, pamuk, yün ve keten gibi organik tozlara maruz kalan işçilerde sıkça rastlanan bir meslek hastalığıdır. Genellikle ilk maruziyetin üzerinden iki gün geçtikten sonra, göğüste sıkışma, nefes alırken zorluk ve solunum fonksiyon testlerinde belirgin bir azalma gözlemlenir [26]. Bisinoz, öksürük ve balgam çıkarma ile karakterize edilen bir klinik durumu ifade eder. Bu hastalık, özellikle Türkiye için önemli bir sağlık problemi teşkil etmektedir, çünkü ülkemiz, tekstil sektöründe dünya çapında önemli bir yere sahiptir. Türkiye, dünya tekstil üretiminin yaklaşık %3'ünü ve pamuklu tekstil sanayinin %10'unu üretmektedir [26].

viii. Mesleki astım: Un, platin tozu ve odun tozu dahil organik tozlara maruz kalmak, mesleki astıma yol açar [38]. Nefes darlığı, göğüste sıkışma, öksürük ve hırıltılı solunum gibi problemlere neden olur, hatta nadiren sakatlığa ve ölüme bile yol açabilir [38]. Riskli başlıca meslek grupları; pastacılık, fırıncılık, veterinerlik, hayvan laboratuvarları, deterjan sanayi, metal sanayi, tekstil, kuaförlük, sağlık hizmetleri, boyacılık ve mobilyacılıktır [39].

2.5. İş Sağlığı ve Güvenliği Kavramı ve Tanımı

Kelime anlamlarına göre “iş”, bir sonuca ulaşmak için çaba harcamak ve herhangi bir fayda sağlamak amacıyla yapılan faaliyet olarak tanımlanır. “Sağlık” kavramı, bireylerin fiziksel, sosyal ve zihinsel olarak tam bir iyilik hali içinde olmaları anlamına gelirken, “güvenlik” toplumsal yaşam standartlarının kesintisiz sürdürülmesi ve bireylerin korkusuz bir şekilde yaşamlarına devam edebilmesi durumunu ifade eder [40].

Uluslararası Çalışma Örgütü ve Dünya Sağlık Örgütü'ne göre, iş sağlığı kavramı sadece fiziksel sağlığı değil, aynı zamanda sosyal ve ruhsal durumu da tamamen sağlıklı hale getirmek ve çalışanların en iyi sağlık koşullarına sahip olmasını sağlamakla ilgilidir. Bu bağlamda, iş sağlığı, çalışanların iş seçimleriyle ilgili olumsuz faktörlerden arındırılmasını

ve çalışan ile iş arasındaki uyumun sağlanmasını amaçlayan bir bilim dalı olarak tanımlanabilir [41].

İş Sağlığı ve Güvenliği, iş kazaları ve meslek hastalıkları nedeniyle yaşam hakkı olan insanların korunmasını, tehlikeli unsurların etkisini en aza indirmeyi ya da mümkünse tamamen ortadan kaldırmayı hedeflemektedir. Olası riskleri zamanında tespit etmek ve tehlikeleri önceden görmek suretiyle güvenli ve huzurlu bir çalışma ortamı oluşturmayı amaçlayan çalışmalar bu alan içerisinde yer almaktadır [42].

İSG, mühendislik, tıp ve sosyal bilimlerin birbirine sıkı sıkıya bağlı olduğu çok disiplinli bir alandır. İşe başlamadan önce yapılan sağlık muayeneleri ve meslek hastalıkları sırasında tıp bilimi kendini göstermektedir. Mühendislik bakımından, bir işletme kurulmadan evvel işletmeye dair yapılacak olan planlama, programlama ve makinelerin yerleştirilmesi gibi birçok konuyu kapsar. Sosyal bilimler açısından ise iş görenlerin kurallara uyup uymamasının nedenleri, yeterli bilgilendirme eksikliğinden mi yoksa kültürel alışkanlıklardan mı kaynaklandığı üzerine araştırmalar yapılmalıdır [43].

İş sağlığı ve güvenliği, iş yerlerinde farklı nedenlerden dolayı ortaya çıkabilecek ve çalışanlara zarar verebilecek tehlikelerden korunmak için geliştirilen düzenli ve bilimsel bir sistem olarak tanımlanmaktadır [44].

İşverenler, iş yerlerinde iş sağlığı ve güvenliğinin sağlanması için gerekli tüm araçları temin etmek ve önlemleri almakla yükümlüdür. Ayrıca, bu önlemlerin çalışanlar tarafından uygulanmasını sağlamak zorundadırlar. Yasa koyucular, bu alandaki düzenlemeleri kanun, yönetmelik ve tüzüklerle belirlerken, bu kuralların uygulanmasını da denetlerler. İşverenler, çalışanlarını yasal hak ve sorumlulukları konusunda bilgilendirmekle birlikte, işlerini yaparken karşılaşılabilecekleri riskler, bu risklere karşı alınması gereken önlemler ve gerekli iş sağlığı ve güvenliği eğitimlerini de sağlamakla yükümlüdür. Özellikle çimento sektöründe faaliyet gösteren işverenler, bu yasal düzenlemelere uymak zorundadır. Bunun yanı sıra, çalışanlara hem iş yerinde karşılaşılabilecekleri riskler hem de bu risklere karşı alınacak önlemler ile ilgili bilgi vermeleri gerekmektedir [45].

2.6. Risk Değerlendirmesi Kavramı ve Tanımı

Çalışma alanında mevcut olan veya dışarıdan gelebilecek, çalışanlar ve iş yeri üzerinde etkili olabilecek tehlikelerin ve risklerin tanımlanması ile kontrol altına alınması

amacıyla gerekli önlemlerin alınması sürecidir. Risk değerlendirmesinin amacı, tehlikelerin kaynaklarını bulmak, riskleri tespit etmek ve etki alanlarını belirleyerek önleyici faaliyetler planlamaktır [46].

Risk değerlendirme, bir sistem içinde var olan risklerin boyutunu tahmin etmek ve mevcut kontrol önlemlerinin ne kadar etkili olduğunu değerlendirerek, bu risklerin kabul edilebilir olup olmadığına karar verme sürecidir [3].

Alçan(2022), araştırmasında "İnşaat Sektöründe HAZOP Metodu ile Risk Değerlendirmesi" konusunu incelemiştir. Risk değerlendirme çalışmalarının ülkemizde genellikle 6331 sayılı yasa çerçevesindeki işyerlerinde uygulandığı ifade edilmektedir. Ancak, hatalı değerlendirmeler ve uygulamalardan kaynaklı kazalar ve tehlikeler de görülebilmektedir. İş güvenliğinin temel amacı, çalışanın bedensel ve zihinsel sağlığını korumaktır. Bu amaç için çalışma ortamının güvenliği kadar işin süreç güvenliğinin de sağlanması gerekmektedir. İnşaat sektörü, risk yönünden en yüksek sektörlerden biridir ve ölümcül iş kazalarının sıklığı açısından diğer sektörlerden kayda değer derecede fazladır. HAZOP risk metodunun parametreleri ve yol gösterici kelimeleri sayesinde önceden tedbir alınabilen risklerin tespitine katkı sağladığını belirtmiştir. Çalışmadaki parametrelerin HAZOP ekibi tarafından tartışılıp belirlenmesi gerektiğini belirtmiştir. Yarı sayısal bir nitelik taşıması sayesinde anlaşılır olduğunu ve önceliklendirme yapılmasını kolaylaştırdığını saptamıştır [47].

2.7. Risk Değerlendirme Süreci

Risklerin, mevcut tehlikelerden kaynaklanarak ne kadar olabileceğini hesaplamak ve bu risklerin kabul edilebilir olup olmadığını belirlemek sürecine risk değerlendirmesi denir. Çalışma ortamında ortaya çıkabilecek tüm tehlikeleri ortadan kaldırmak veya bunları azaltmak amacıyla yapılması gereken tüm önlemler "önleme" olarak adlandırılır. Önleme konusunda başarısız olduğunda, "koruma" aşaması devreye girmektedir. Eğer yapılan çalışmalar sonucunda tehlikeler engellenemez veya göz ardı edilirse, risk meydana gelir. Risk oluştuğunda çalışanlarda, kullanılan ekipmanlar da veya iş ortamında zarar ortaya çıkma ihtimali vardır. Bu zararları asgariye indirmek için koruma yöntemleri uygulanır. Koruma, iş sağlığı ve güvenliği açısından risklerin önlenemediği durumlarda zararı minimize etmek için devreye girer.

Risk değerlendirme srecleri, risk analizi yönetmeliğinden yola çıkararak genel bir biçimde geliştirilebilir [48].

2.7.1. Tehlikelerin tanımlanması

Tehlikelerin tespiti, risk değerlendirme sürecinin temelini oluşturur. İş ortamından elde edilen veriler ve İSG kanunu ve ilgili yönetmelikler kullanılarak, işyerindeki kimyasal, fiziksel, biyolojik ve ergonomik gibi tehlike kaynakları, bu aşamada zarar verme potansiyeli taşıyan tehlikeler olarak belirlenmektedir.

Tehlikelerin tespit edilirken 3 grupta incelenmelidir.

Geçmişe ait sağlık ve güvenlik kayıtlarının gözden geçirilmesi gerekmektedir. Bu kayıtlar, iş kazaları, meslek hastalıkları, olağanşt durumlar ve ortam ölçümleri gibi tehlikeleri belirlemede kritik öneme sahip verilerdir.

Mevcut durumun değerlendirilmesi şarttır. Çalışma alanındaki faaliyetler, kullanılan ekipmanlar, iş süreçleri ve çalışma koşullarıyla ilgili ayrıntılı bilgiler toplanarak tehlikeler tanımlanır.

İş sağlığı ve güvenliği (İSG) alışmalarına yönelik olarak, rehberlik eden mevzuatların incelenmesi önem taşımaktadır.

2.7.2. Risklerin belirlenmesi

Bu adımda, belirlenen tehlikeler titizlikle gözden geçirilir ve bu tehlikelerden kaynaklanabilecek riskler tanımlanır. İş sağlığı ve güvenliği yasalarında risklerin belirlenme yöntemi açıklanmıştır.

2.7.3. Risk kontrol tedbirlerinin karşılaştırılması

Riskler belirlendikten sonra, bu riskleri yönetmek için hangi kontrol önlemlerinin alınacağına karar verilir. Bu aşamada, risklerin tamamen yok edilip edilemeyeceği veya zararın en az seviyeye nasıl indirileceği ortaya konur.

Risk kontrol süreçleri, İSG Risk Değerlendirme Yönetmeliği'nde dört ana bölümle tanımlanmıştır.

- Planlama
- Risk kontrol önlemlerinin belirlenmesi

- Risk kontrol önlemlerinin uygulanması
- Uygulamaların takibi [49].

2.7.4. Dokümantasyon

Risk değerlendirmesi, işyeri bilgileri, tehlikeleri, risk analizi için kullanılan yöntemleri ve kontrol önlemlerini kapsayan belgelerle kaydedilir. Bu belgeler, çalışanların da ulaşabileceği bir yerde saklanır.

2.7.5. Risk değerlendirmesi ve yapılan çalışmaların yenilenmesi

Risk değerlendirmeleri, iş yerinde yapılan değişiklikler, ekipman yenilemeleri, yeni teknolojilere geçiş, üretim yöntemlerinde yapılan değişiklikler, iş kazaları veya meslek hastalıklarının meydana gelmesi ya da yeni tehlikelerin ortaya çıkması gibi durumlarda kısmi ya da tam olarak yeniden gözden geçirilir. Çalışma koşullarında herhangi bir değişiklik olmasa dahi, tehlike sınıfına göre belirtilen sürelerde risk analizlerinin güncellenmesi gerekmektedir.

- Az tehlikeli iş yerleri için: 6 yıl
- Tehlikeli iş yerleri için: 4 yıl
- Çok tehlikeli iş yerleri için: 2 yıl

2.8. Risk Değerlendirmesinin Yapılması Sırasındaki Çalışmada İzlenecek Adımlar

Bir işyerinde risk değerlendirmesi yapılması sırasında izlenecek adımlar aşağıda başlıklar halinde verildiği gibidir.

2.8.1. Tehlikeleri belirleme (1. adım)

Bu aşamada, işyerinde ya da belli bir alanda risk değerlendirmesi yapılarak tehlikeler tespit edilmelidir. Bu süreç üç aşamalı bir analizi gerektirir. Bu aşamalar, geçmişin, bugünün ve yasaların incelenmesini kapsar.

i. Geçmiş kayıtların incelenmesi: İş yerinde daha önceki sağlık ve güvenlik uygulamalarının gözden geçirilmesi ve değerlendirilmesi, geçmişe dair belgeler ve dokümanlar üzerinden gerçekleştirilmeli. Bu inceleme yapılabilecek alanlar şunlardır:

- Çevre ölçüm raporlarının incelenmesi
- İş kazaları ve olaylarla ilgili raporların gözden geçirilmesi
- İş sağlığı ve güvenliği komitesinin yıllık raporlarının değerlendirilmesi
- Teknik periyodik kontrollerle ilgili raporların incelenmesi
- Benzer diğer iş yerlerinden toplanan verilerin karşılaştırılması.

ii. *Mevcut durumun değerlendirilmesi:* İşyeri risk değerlendirmesi sürecinin en önemli aşaması, mevcut durumun analiz edilmesidir. Bu aşamada kullanılacak risk gruplama yöntemleri hakkında aşağıda bilgi verilmiştir. Süreç, öncelikle gerekli verilerin toplanmasıyla başlamalıdır. Bu veriler, işyeri yapılarının özellikleri, sabit tesislerin yapısal durumu, işyerinde bulunan kimyasal, fiziksel ve biyolojik etkenler ile iş ekipmanları gibi çeşitli başlıklar altında derlenebilir. Toplanan bilgiler ışığında, potansiyel tehlikelerin listesi oluşturulmalıdır. Verilerin toplanmasının ardından, inceleme aşamasına geçilmeli ve Tehlike Belirleme Takımı (TBT) oluşturularak çalışmalara başlanmalıdır. Ayrıca, hangi risk gruplama yöntemi ve risk değerlendirme metodunun kullanılacağı belirlenmeli ve çalışmalar bu doğrultuda devam etmelidir.

iii. *Mevzuatın incelenmesi:* İSG ile ilgili yasal gereklilikler belirlenmeli ve bu gerekliliklere uyup uymadığı kontrol edilmelidir. Yasal gereklilikler belirlenirken yalnızca ÇSGB tarafından yayımlanan kanunlar, yönetmelikler, tüzükler ve tebliğler dikkate alınmamalıdır; aynı zamanda yapılan faaliyetle alakalı tüm mevzuatlar incelenmelidir. Bu şekilde, gözden kaçan yasal durum olasılığı en düşük seviyeye indirilmiş olur.

2.8.2. Riskleri derecelendirme (2. adım)

İşyerindeki tehlike kaynakları ve bunlardan doğabilecek tehlikeleri tespit ettikten sonra, her bir tehlikeden kaynaklanan riskler saptanır. Her bir risk (R) için; riskin gerçekleşme olasılığı olan “olabilirlik” (O) ve risk gerçekleştiğinde oluşacak sonucun “şiddeti” (Ş) belirlenmelidir [50].

2.8.3. Risk kontrol tedbirlerinin belirlenmesi (3. adım)

Bu aşamada, risklerin kabul edilebilir seviyelere çekilmesi için gerekli önlemlerin belirlenmesi sağlanır. Risk değerlendirmesinde iki temel faktör (olasılık ve etki) kullanıldığı için, bu faktörlerden herhangi birinin puanını azaltacak şekilde yapılacak çalışmalar risklerin kontrolünü sağlamamıza yardımcı olacaktır.

Olasılığı azaltan önlemler proaktif olarak adlandırılırken, etkiyi azaltan önlemler ise koruyucu önlemler olarak anılmaktadır. Her iki kontrol yöntemi için de ana kural, tehlikeyi tamamen ortadan kaldırmaktır. Bunun mümkün olmadığı durumlarda risk maruziyetini en aza indiren önlemler uygulanmalıdır [51].

2.8.4. Risk kontrol tedbirlerinin uygulanması (4. adım)

Bu aşamada belirlenen seçenekler arasında seçilen risk yönetim önlemleri iş yerinde hayata geçirilip tamamlanır. Risk yönetim önlemleri uygulandıktan sonra iletişim etkinlikleri artırılmalı, eğitim faaliyetleri yapılmalı ve düzenli denetim ve gözetim çalışmaları gerçekleştirilmelidir.

2.8.5. Uygulamaların izlenmesi (5. Adım)

Son aşama, alınan önlemlerin etkinliğinin izlenmesi ve gözden geçirilmesidir. Bu aşamada, belirlenen kontrol önlemlerinin planlanan şekilde uygulanıp uygulanmadığı, bu önlemlerin pratikte geçerliliği, uygulamanın doğruluğu ve risklerin kabul edilebilir seviyelere indirilip indirilmediği analiz edilmelidir. Yapılan gözden geçirmeler doğrultusunda, gerekli düzenlemeler yapılmalı ve süreç, en uygun çözüm elde edilene kadar tekrar edilmelidir [52].

2.9. Risk Değerlendirmede Kontrol Önlemleri

Risk değerlendirmesi sürecinde, kontrol önlemleri, bir şirketin veya kurumun karşılaşılabileceği tehlikeleri önlemek, azaltmak ya da tamamen yok etmek için yapılan önlemlerdir. Genel literatür incelemeleri, çalışma koşullarının çalışanlar üzerinde psikolojik sorunlara yol açabileceğini göstermektedir. Ancak, bu durumun olumlu iş şartlarının çalışanlarda psikolojik rahatsızlık yaratmayacağı anlamına gelmediği anlaşılmaktadır. Almanya'daki Freiburg Meslek Bilimleri Araştırma Merkezi tarafından COPSOQ (Kopenhag Psikososyal Anketi) anketi aracılığıyla elde edilen veriler, zihinsel rahatsızlık nedeniyle psikiyatrik kliniklerde tedavi gören hasta verileri ile karşılaştırıldığında, iş ve zihinsel sağlık arasındaki ilişkinin karmaşık olduğu sonucuna varılmıştır [53]. Bu nedenle, mevcut durum sadece bir nedene dayanarak değerlendirilmesi kolay değildir. İş yerlerinde bu konuda değişiklik yapılırken, öncelikle sürecin karmaşıklığı idrak edilmelidir. Problemi önlemeye yönelik adımlar atılmadan önce kök nedenlerin, uzmanların kurduğu bir ekip

tarafından belirlenmesi gerekir; olası ve proaktif tedbirler önem düzeyine göre düzenlenmelidir. Sonuç almak adına sadece belirlenen tedbirleri almak yeterli değildir, aynı zamanda bu tedbirlerin sürdürülebilir olması ve gelişmelerin izlenmesi de önemlidir [54].

Çalışma alanında bulunan çeşitli unsurlar psikososyal risklerin ortaya çıkmasına yol açabilir. İş yerlerinde yapılan gözlemlere dayanarak, bu riskleri ortadan kaldırmak veya en aza indirmek için uygun tedbirler geliştirilebilir. kontrol önlemleri genellikle üç ana kategoride ele alınır:

i. Mühendislik kontrolleri: Bu tür denetimler, tehlikenin kaynağını ortadan kaldırmak veya etkisini azaltmak için fiziksel değişiklikler yapılmasını gerektirir. Örneğin: Havalandırma sistemlerinin geliştirilmesi, gürültü kaynaklarının yalıtılması, otomasyon sistemleri sayesinde insan temasının azaltılması [55].

ii. İdari kontroller (administrative controls): Riskleri azaltmak için iş yerindeki organizasyonel değişiklikler yapılır. Bunların bazı örnekleri şunlardır: Eğitim ve bilinçlendirme programları, çalışma saatlerinin ayarlanması (dinlenme süreleri, görev değişimi), prosedürlerin ve yönergelerin hazırlanması [56].

iii. Kişisel koruyucu donanımlar (KKD - PPE): Çalışanları doğrudan risklere karşı koruma amacı taşıyan cihazlardır. Bunlar arasında; Kask, eldiven, gözlük, maske gibi ürünler yer alır. Kişisel Koruyucu Donanımların uygun şekilde kullanılması ve bakımı [57].

2.10. Risk Değerlendirme Çalışmalarının Yapılmasının Yararları

Risk analiz çalışmaları, iş sağlığı ve güvenliği açısından büyük yararlar sunar. Bu analizlerin ana hedefi, iş yerinde meydana gelebilecek kazaları ve meslek hastalıklarını engellemek için tehlikeleri önceden tespit etmek ve uygun önlemleri almaktır.

Ülkemizde İSG uzmanları arasında, risk değerlendirmesinin iş kazalarını önlemede tek başına yeterli bir çözüm olduğuna dair yaygın bir yanlış anlama mevcuttur. Oysa, risk değerlendirmesi bir hedef değil, kazaların önlenmesine katkı sağlayabilecek araçlardan yalnızca biridir. Risk değerlendirmesinin doğru bir şekilde yapılması, kazaların engellenmesini kesin olarak garantilemez. Aynı şekilde, risk değerlendirmesi yapılmadan kazasız bir şekilde çalışan bir İSG uzmanının, sadece standart bir risk değerlendirmesi prosedürü uygulanmadığı için cezalandırılması adil bir yaklaşım değildir. Gerçekten de, etkili bir risk analizi yapabilecek nitelikli insan kaynağı oldukça sınırlıdır. Bu çerçevede,

yasal olarak işverene ait olan risk analizleri, çıkarılan yönetmeliklerle iş güvenliği uzmanlarının sorumluluğuna devredilmiş ve bu süreç kamusal bir disiplin çerçevesinde bir çatı altında yönetilmelidir. Oluşturulacak bir kurum, bilimsel verilere dayanarak her sektörde ayrı değerlendirmeler yapmalı ve tespit edilen risklere dair çözüm önerilerini kamuya ve ilgili paydaşlara sunmalıdır. İşverenler ve görevlendirilen uzmanlar, belirlenen bu riskleri işyerine entegre etme yükümlülüğü taşımaktadır. Bu yükümlülüğün ihlali, söz konusu tarafların hukuki ve cezai sorumluluk taşımasına yol açacaktır. Meslek odalarından ve üniversitelerin teknik bölümlerinden uzmanların kadroya dahil olacağı böyle bir kurum, her sektöre ve hatta her işletmeye özel detaylı risk analizi raporları hazırlayabilme kapasitesine sahip olmalıdır. İş Sağlığı ve Güvenliği Yasası, bu tür bir yapının oluşturulması için önemli bir fırsat sunmaktadır [58].

Risk değerlendirme çalışmaları işverene; tehditlerin belirlenmesi, tehlikelerin daha önceden saptanması, işçiler için güvenli bir ortam oluşturma, kazaların engellenmesi ve kayıpların azaltılması, kalite ile verimliliğin artırılması, itibar, önleyici bir yaklaşım, acil durumlara hazırlıklı olma ve görev dağılımı gibi birçok alanda yarar sağlar [59].

2.11. Risk Değerlendirme Metodolojileri

Risk değerlendirmesi için kullanılan metodolojileri, bir kuruluştaki olası tehlikeleri tespit etmek, incelemek ve bu tehlikelerin etkilerini azaltmak için düzenli bir şekilde uygulanan yaklaşımlardır. Farklı alanlar ve gereksinimlere göre birçok yöntem oluşturulmuştur. Günümüzde çeşitli yöntemler, iş yerlerindeki riskleri değerlendirmek için kullanılmaktadır. Çalışma alanlarının farklılaşması ve risklerin artması, çeşitli risk analiz yöntemlerinin ortaya çıkmasını zorunlu hale getirmiştir. Bu yöntemlerin sayısının 200'den fazla olduğu bilinmektedir. Uygulanan risk analiz yöntemi, ilgili çalışma alanına uygun olmalıdır. Bazı durumlarda ise tek bir yöntem yeterli olmayabilir. Bu gibi durumlarda birden fazla yöntem kullanılmalıdır [48].

Risk değerlendirme yöntemleri üç ana gruba ayrılır. Bunlar:

- Nitel: Kalitatif risk değerlendirme yöntemleri,
- Nicel: Kantitatif risk değerlendirme yöntemleri,
- Karma: Hem Nitel hem de Nicel unsurlar içeren yöntemlerdir.

2.11.1.Karar matrisi

Sık tercih edilen yaklaşımlardan biridir. Bu yöntem, ABD askeri standartları çerçevesinde, sistemlerin güvenlik gereksinimlerini karşılamak adına geliştirilmiştir. İki ya da daha fazla değişkenin arasındaki bağlantının analiz edilmesi amacıyla kullanılır [60]. Risk skoru, Tablo 2.1’deki karar matrisi örneğinde görüldüğü üzere, düşeyde yer alan olasılık değerleri ile yatayda bulunan şiddet değerinin çarpılmasıyla hesaplanmaktadır [61]. Skorun 15 veya daha fazla olduğu durumlar için acil önlemler alınması gereklidir.

Tablo 2.1: Karar Matrisi Örneği (Risk Değerlendirmesi)

	Risk Düzeyi /Risk Skoru (R = O*Ş)				
ŞİDDET(Ş) OLASILIK (O)	Çok Hafif 1	Hafif 2	Orta 3	Ciddi 4	Çok Ciddi 5
Çok Düşük 1	Çok Düşük 1	Düşük 2	Düşük 3	Düşük 4	Düşük 5
Düşük 2	Düşük 2	Düşük 4	Düşük 6	Orta 8	Orta 10
Orta 3	Düşük 3	Düşük 6	Orta 9	Orta 12	Yüksek 15
Yüksek 4	Düşük 4	Orta 8	Orta 12	Yüksek 16	Yüksek 20
Çok Yüksek 5	Düşük 5	Orta 10	Yüksek 15	Yüksek 20	Çok Yüksek 25

2.11.2. Kontrol listesi metodu

En yaygın olarak kullanılan niteliksel yöntemdir. Sorular, çalışma alanına göre oluşturulur ve bu sorulardan kontrol listeleri geliştirilir. Bu sorulara evet veya hayır, uygun veya uygun değil şeklinde cevaplar verilir. Sonrasında alınması gereken tedbirler belirtilir. Bu yöntemi hazırlamak ve uygulamak oldukça kolaydır ve pek çok sektörde uygulanabilir. Özellikle uçak, tren ve gemi gibi hareket etmeden önce ön kontrol gerektiren taşıma araçlarında sıkça kullanılır. Kontrol listesi hazırlanırken dikkate alınmayan herhangi bir risk, büyük kazalara yol açabilir [48]. Tablo 2.1’de, kontrol listesi metodu kullanılarak ofislerde risk değerlendirmesi örneği verilmiştir.

Tablo 2.2: Kontrol Listesi Örneği [62]

Konu Başlığı	Kontrol Listesi	Evet	Hayır	Alınması Gereken Önlem	Sorumlu Kişi	Tamamlanacağı Tarih
Genel Alanlar	Tüm alanlarda yeterli aydınlatma sağlanmış ve aydınlatmalar çalışır halde mi?		X	Arızalı lambalar değiştirilmeli, gün ışığının kontrolü amacıyla pencereler için ayarlanabilir perdeler sağlanmalıdır.	Bakım Müdürü	31.08.2016
	Ofiste temizlikten sorumlu kişi/kişiler belirlenmiş mi?	X				
	Temizlik yapılan alanda kaymayı önlemek için gerekli önlemler alınmakta mı?		X	Çalışma yapılan alanlarda, uyarı levhaları vb. konulmalıdır.	Temizlik Personeli	İşlem Sırasında
Elektrik	Sabit kurulumlar ve tesisat, düzenli şekilde yetkili kişilerce bakıma tabi mi?	X				
	Elektrik/sigorta kutuları kilitlenmiş, yetkisiz kişilerin erişimi önlenmiş mi?		X	Tüm elektrik/sigorta kutularına kilit takılmalı, sorumlu atanmalıdır.	Bakım Müdürü	26.08.2016
Ekranlı Araçlarla Çalışma	Ofiste kullanılan ekranlı araçlar uygun yerlere yerleştirilmiş mi?		X	Ekranlı aracın ekranındaki parlama ve yansımalar, bu araçların pencereye bakması engellenerek veya aydınlatmanın ekran arkasından alınması sağlanarak önlenmelidir.	İdari İşler Müdürü	15.08.2016

2.11.3. Tehlike ve çalışabilirlik analizi (HAZOP)

Başlangıçta kimyasal iş akışları için tasarlanmış olan HAZOP tekniği, günümüzde kimya sektöründe yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Bununla birlikte, başka alanlarda da kullanımı söz konusudur.

Ana amaç, yeni oluşturulan çalışma alanlarında en yüksek güvenliği sağlamak ya da mevcut işletmelerde olası riskleri belirleyerek daha güvenilir bir çalışma ortamı yaratmaktır.

Malzeme güvenlik belgelerinin temin edilmesi, tehlikeli kimyasalların değerlendirilmesi, basınç ve sıcaklık gibi faktörlerin analizi, yangın veya patlama olasılıklarının belirlenmesi, HAZOP sürecinin inceleme adımları arasındadır [48].

2.11.4. Hata ağacı analizi metodu (FTA)

Hata ağacı yönteminde, sistem boyunca hatalar ve bu hataların neden olduğu istenmeyen olaylar arasındaki ilişkiyi gösteren mantıksal diyagramlar kullanılarak inceleme yapılır. Bu yöntem, tündengelimli bir mantığa dayanmaktadır. İstenmeyen olay, daha önce

tanımlanmış olan olaylar ile hatalar arasındaki neden-sonuç ilişkileridir. FTA, bir işletme içerisinde meydana gelen kritik veya büyük hataların nedenlerini ve olası karşı önlemlerini grafiksel bir biçimde sunmaktadır. Sistem analizi, hata ağacının oluşturulması ve ardından değerlendirilmesi aşamalarından oluşur [63].

2.11.5. Olay ağacı analizi metodu

Olay Ağacı analizi, belirlenen bir olayın gerçekleşmesiyle oluşabilecek olası sonuçları bir akış diyagramı aracılığıyla gösterir. Bu yöntem, hata ağaç analizi ile karşılaştırıldığında tümevarım temelli bir yaklaşım benimser. Diyagramda başlangıç olayı solda, hasar durumu ise sağda yer alır. Üst bölüm sistemi tanımlar. Eğer sistem başarılıysa akış yukarı yönelir, başarısızsa aşağı doğru seyreder. Olay ağacı analizinde uygulanan mantık, hata ağaç analizinde kullanılan mantığın tersidir [60].

2.11.6. Fine Kinney metodu

Fine-Kinney yöntemi, iş sağlığı ve güvenliği alanında sıklıkla kullanılan sistematik bir risk analiz tekniğidir. Bu yöntemin temel özelliği; tehlikelerin değerlendirilmesinde sadece meydana gelme olasılığı ve sonuçların şiddeti değil, aynı zamanda maruziyet sıklığı gibi üçüncü bir bileşenin de dikkate alınmasıdır. Bu üç parametrenin birlikte kullanılması sayesinde, daha ayrıntılı ve kapsamlı bir risk değerlendirmesi yapılabilmektedir. Bu yöntemde kullanılan temel kavramlar aşağıda tanımlanmıştır:

- i. Frekans (Maruziyet sıklığı):** İlgili tehlikeye ne sıklıkla maruz kalındığını, yani çalışanların bu riskli durumla ne kadar sık karşılaştığını ifade eder.
- ii. Olasılık:** Tehlikeli bir olayın gerçekleşmesi durumunda, bunun gerçekten bir zarara yol açma ihtimalini belirtir. Bu parametre, olayın meydana geldiğinde sonuç doğurup doğurmayacağına dair bir değerlendirmedir.
- iii. Şiddet:** Olayın gerçekleşmesi durumunda ortaya çıkabilecek hasarın veya yaralanmanın ciddiyetini tanımlar. Fiziksel yaralanmalardan ekonomik kayıplara kadar geniş bir etki alanını kapsar.

Risk puanı, yukarıda tanımlanan üç unsurun (olasılık $\times$ frekans $\times$ şiddet) çarpımıyla hesaplanır. Bu sayısal değer, riskin derecesini ortaya koyar ve önceliklendirme yapılmasına

imkân tanır. Yüksek risk puanı, derhal müdahale gerektiren bir durumu; düşük puan ise kabul edilebilir seviyedeki bir riski ifade eder.

$$\text{Risk Değeri} = \text{Olasılık} \times \text{Frekans} \times \text{Şiddet}$$

Özellikle büyük ölçekli sanayi tesislerinde tercih edilen Fine-Kinney yöntemi, hem iş güvenliği uzmanlarının tehlike kaynaklarını daha doğru analiz etmesini sağlar hem de alınacak önlemlerin sistemli biçimde sıralanmasına katkı sunar. Bu yöntem, risklerin etkin biçimde yönetilmesinde bilimsel temelli bir yaklaşım sunması açısından son derece faydalıdır. Meydana gelebilecek tehlikelerin neden olabileceği zararların büyüklüğünü değerlendirir ve çıkabilecek risklerin sonuçları için sıralamalar yapar. Elde edilen bulgular, risk değerlerine dayalı olarak sınıflandırılır [64].

Ayrıca bir inşaat alanında yapılan risk analizi, paslanmış demirlerin işçi sağlığına zarar verdiğini ortaya koymuştur. Yapılan değerlendirmede, olasılık 6, sıklık 6 ve etki 40 olarak belirlenmiş olup, risk sonucu 1440 (Tolerans gösterilemez risk) olarak hesaplanmıştır. Çalışmalarda kişisel koruyucu ekipman sağlanması ve tetanos aşısı uygulanması ile, olasılık 0,5, sıklık 6 ve etki 40 değerine düşmüş, böylece yeni risk oranı 120 (Önemsiz risk) olarak belirlenmiştir [65].

Frekans, olasılık ve şiddet değerleri tablolaştırılmıştır (Tablo 2.3 - 2.6). Tablolardan durum için uygun değerler belirlenir ve çarpımı sonucu risk değeri hesaplanır. Risk değerleri (skorları) sonucuna göre renklendirmeleri de bu metodda belirlenmiştir. Bu renklendirmeler Fine Kinney metodunun belirlemiş olduğu renklendirmeleridir. Örneğin risk skoru 400 üstünde ise kırmızı, risk skoru 20 nin altında ise yeşil renkle gösterilir. Tablo 2.6’da verildiği gibidir. Bu çalışmamızdaki tüm değerlendirmelerimiz de risk skorlarına göre renklendirmeler yapılmıştır.

Tablo 2.3: Fine-Kinney yöntemi frekans değeri-Kinney [66]

FREKANS	FREKANS DEĞERİ
Hemen Sürekli (Bir saatte birkaç defa)	10
Sık (Günde bir veya birkaç defa)	6
Ara Sıra (Haftada bir veya birkaç defa)	3
Sık Değil (Ayda bir veya birkaç defa)	2
Seyrek (Yılda birkaç defa)	1
Çok Seyrek (Yılda bir veya daha seyrek)	0,5

Tablo 2.4: Fine-Kinney yöntemi olasılık değeri-Kinney [66]

OLASILIK	OLASILIK DEĞERİ
Beklenir, Kesin	10
Yüksek / Oldukça Mümkün (%50- %50)	6
Seyrek Ama Olası	3
Düşük Olasılık Ama Mümkün	1
Çok Düşük Olasılık, Beklenmez	0.5
Pratik Olarak İmkansız	0.2

Tablo 2.5: Fine-Kinney yöntemi şiddet değeri-Kinney [66]

ŞİDDET	ŞİDDET DEĞERİ
Birçok ölümün yaşandığı bir felaket	100
Birden fazla ölümlü kaza	40
Ölümle sonuçlanabilecek çok ciddi yaralanma	15
Uzuv kaybı, kalıcı hasar/ iş göremezlik	7
Önemli yaralanma, dış ilk yardım gerekli	3
Küçük yaralanma	1

Tablo 2.6: Fine-Kinney risk puan grupları [66]

RİSK DEĞERİ	RİSK DEĞERLENDİRME SONUCU
$400 \leq R$	Tolerans Gösterilemez / Felaket Risk, Acil olarak gerekli önlemler alınmalı ve çalışma alanı gerekli ise kapatılmalıdır.
$200 \leq R < 400$	Esaslı / Çok yüksek Risk Risk, Kısa dönemde iyileştirilmelidir (birkaç ay içinde)
$70 \leq R < 200$	Önemli / Yüksek Risk, Uzun dönemde iyileştirilmelidir (yıl içinde)
$20 \leq R < 70$	Olası / Kesin Risk, Gözetim altında uygulanmalıdır.
$R < 20$	Önemsiz / Kabul edilebilir Risk, önlem öncelikli değildir.

2.11.7. Hata türleri etkileri analizi (FMEA)

Otomotiv sektöründe sıklıkla kullanılan FMEA, asansör, mobilya, metal imalatı gibi sektörlerde de rağbet görmektedir. İş Sağlığı ve Güvenliği çalışmaları ve kalite süreçlerinde, risklerin nasıl bertaraf edileceği veya önleneceği, yapılan işe yönelik meydana gelebilecek tehlikelerin ortadan kaldırılmasını hedefler. Diğer yöntemlerden ayrıldığı en belirgin özelliği, fark edilme faktörünün risk öncelik sayısının tespitinde kullanılmasıdır. Bu sayede tehlikelerden kaynaklanabilecek risklere, daha önceden tedbir alınabilir [67].

2.12. Risk Değerlendirmesi Üzerine Yapılan Çalışmalar

2015 yılında Cengiz Dirik, “Statik Elektrik Kaynaklı Toz Patlamalarının FMEA Risk Analizi Yöntemi İle İncelenmesi ve Deneysel Analizi” başlıklı bir Yüksek Lisans Tezi sunmuştur. Bu çalışmada, yanıcılığı etkileyen ana unsurlar ve patlama dinamiğini etkileyen faktörler incelenmiştir. İki endüstriyel kaza örneğinde FMEA kullanılarak RÖS değerleri hesaplanmıştır. Saha araştırmaları ve teorik verilerle birlikte risklerin kabul edilebilir düzeylere indirilmesi hedeflenmiştir [68].

2015 yılında Ayhan Milli, “Bir Hazır Giyim İşletmesinde İş Sağlığı ve Güvenliği Kapsamında Hata Türleri ve Etkileri Analizi (HTEA-FMEA) Yöntemi ile Risk Analizi” başlıklı bir yüksek lisans tezi sunmuştur [69]. Bu çalışma, İstanbul'da bulunan bir hazır giyim şirketinde gerçekleştirilmiştir. HTEA yöntemi aracılığıyla belirlenen tehlikeler değerlendirilmiştir. Tespit edilen ve notlandırılan riskler için önleyici ve düzenleyici önlemler oluşturulmuş, bu önlemlerin uygulanmasının ardından şirketin kaza sıklığı ve kaza ağırlık oranlarında bir azalma meydana geldiği gözlemlenmiştir.

2014'te Betül Turgut, “İş Güvenliği Risk Analizi ve Bir Yonga Levha Ünitesinde Örnek Uygulaması” başlıklı bir çalışma ile Yüksek Lisans Tezi sunmuştur [70]. Bu çalışma, Kastamonu Entegre Ağaç Sanayi ve Ticaret A. Ş. 'nin Gebze Tesisi'ndeki yonga levha ünitesinde gerçekleştirilmiştir. Tespit edilen tehlikeler, Fine-Kinney yöntemi ile analiz edilmiştir.

Yaşar ve Aydemir (2023) sanayi sektöründe çalışanların iş sağlığı ve güvenliği konusundaki farkındalıklarının değişebilir olduğunu belirtmiştir. Bu değişim, yaş, eğitim durumu ve iş pozisyonu gibi unsurlara bağlıdır. Ancak, bu yazarlar risk değerlendirmesi

süreçlerine aktif bir şekilde katılımın farkındalığı artırdığını da ifade etmiştir [71]. Benzer şekilde, işçilerin pozisyonlarına bağlı olarak risk algısında farklılıklar olduğunu ve özellikle üretim hattında çalışanların risk faktörlerini daha yoğun bir şekilde deneyimlediklerini tespit etmiştir.

Küçük (2017) tarafından gerçekleştirilen bir araştırmada, iş yerlerinde sistematik risk değerlendirme uygulamalarının hem yönetim hem de çalışan seviyesinde farkındalığı artırdığı vurgulanmıştır. Özellikle 40-49 yaş grubundaki kişilerin risk algısının düşük olması dolayısıyla, bu torun içindeki çalışanlara özel eğitim ve bilgi veriminin önemli olduğu ifade edilmiştir. Dizdar ve Önder (2023) ise bazı sektörlerde çalışanların deneyime sahip olmalarına rağmen, risk farkındalıklarının yeterince yüksek olmadığını, bu durumun risk değerlendirme eğitimlerinin içerik ve yöntemlerinin gözden geçirilmesi gerektiğini ifade ettiğini belirtmiştir [72].

Pehlivan (2016) ağır sanayi üzerine yaptığı araştırmada, çalışanların eğitim seviyelerinin artırılmasının yanı sıra, iş yerlerinde meydana gelen ramak kala olayların sistematik bir şekilde analiz edilmesinin risk değerlendirmesi bilinçlendirilmesinde önemli bir faktör olduğunu göstermiştir. Bu tür olaylara tanıklık etmenin çalışanların farkındalığını artırdığı ve bu artışın risk değerlendirme sürecine olumlu katkılarda bulunduğu ifade edilmiştir [73].

3. ÇİMENTO SEKTÖRÜ VE İŞ SAĞLIĞI

Çimento sektörü, inşaat ve altyapı faaliyetlerinin temel girdisini sağlayan stratejik bir sanayi koludur. Hammaddenin çıkarılmasından üretim ve dağıtım süreçlerine kadar geçen aşamalarda çok sayıda iş gücü kullanılmakta ve bu süreçler farklı düzeylerde sağlık ve güvenlik risklerini beraberinde getirmektedir. Özellikle toz maruziyeti, ağır makine kullanımı, kimyasal buharlar ve yüksek sıcaklık gibi faktörler, çalışanlar için ciddi mesleki riskler doğurmaktadır. Bu bölümde, çimento sanayisinin genel yapısı ile birlikte iş sağlığı ve güvenliği açısından taşıdığı öncelikli riskler incelenecek; sektörün hem Türkiye’deki hem de dünyadaki durumu değerlendirilecek, yasal çerçeveler ve alınması gereken önlemler bilimsel bakış açısıyla ele alınmıştır.

3.1.Çimento Sektörü

Çimento sektörü, yapı malzemeleri sanayisinin temel taşlarından biri olarak ekonomik kalkınmada kritik bir rol oynamaktadır. Özellikle konut, ulaşım, altyapı ve endüstriyel tesis inşaatlarında kullanılan çimento, sürekli talep gören stratejik bir üründür. Sektör; hammadde temininden üretim, lojistik ve nihai ürün dağıtımına kadar çok sayıda teknik süreci kapsar. Bu süreçler, enerji yoğunluğu, çevresel etkiler ve iş güvenliği riskleri açısından dikkatle yönetilmesi gereken alanlardır. Bölümde, küresel ve ulusal ölçekte çimento sanayisinin yapısı, üretim kapasiteleri ve gelişim eğilimleri analiz edilmektedir.

3.1.1.Dünyada çimento sektörü

Küresel çimento sektörü, inşaat faaliyetlerinin artışıyla birlikte stratejik önemini korumakta ve gelişmekte olan ülkelerin büyüme dinamikleriyle doğrudan ilişkilendirilmektedir. Özellikle altyapı yatırımları, kentsel dönüşüm projeleri ve konut talebi, çimento tüketimini belirleyen başlıca faktörler arasında yer almaktadır. Çimento ihracatı yapan ilk 25 ülkenin 2023 yılına ait performansları Tablo 3.1’e baktığımızda, 2023 yılı verilerine göre, çimento ihracatında en büyük paya sahip ülkeler, Asya ve Avrupa kıtasında yoğunlaşmaktadır.

Vietnam, toplam 1,6 milyar dolarlık ihracat hacmiyle dünya çimento ihracatının %11,5’ini gerçekleştirerek ilk sırada yer almaktadır.

Türkiye, 1,4 milyar dolarlık ihracatla küresel pazarda %9,8’lik pay alarak ikinci sıraya yükselmiştir. Türkiye’yi sırasıyla **Mısır**, **Almanya**, **Kanada** ve **Cezayir** takip etmektedir. İlk 10 ülke arasında yer alan bu devletler, dünya çimento arzının yaklaşık yarısını karşılamaktadır.

Tablo 3.1: Dünya Çimento İhracatı Yapan İlk 25 Ülke [74]

2023 Yılı Çimento İhracatında İlk 25 Ülke (ABD Doları cinsinden)			
S.n.	Ülke	İhracat Tutarı (Milyon \$)	Dünya Payı (%)
1	Vietnam	1.600,0	11,5
2	Türkiye	1.400,0	9,8
3	Mısır	773,6	5,6
4	Almanya	689,4	5,0
5	Kanada	566,5	4,1
6	Cezayir	507,7	3,7
7	İspanya	482,4	3,5
8	Endonezya	405,4	2,9
9	BAE (Birleşik Arap Emirlikleri)	385,2	2,8
10	Belçika	364,7	2,6
11	Suudi Arabistan	336,3	2,4
12	Tayland	323,7	2,3
13	Çin (anakara)	288,5	2,1
14	Japonya	278,4	2,0
15	Yunanistan	263,0	1,9
16	Slovakya	258,2	1,9
17	İtalya	245,8	1,8
18	Pakistan	243,1	1,8
19	Meksika	241,8	1,7
20	Hırvatistan	227,9	1,6
21	İrlanda	209,2	1,5
22	ABD	198,8	1,4
23	Senegal	175,6	1,3
24	Tunus	159,3	1,1
25	Kenya	158,7	1,1

Bölgesel olarak bakıldığında; Asya kıtası Vietnam, Tayland, Çin ve Endonezya gibi üretici ülkelerle öne çıkarken, Avrupa Birliği ülkeleri ise hem üretici hem de ihracatçı olarak listeye girmektedir. Bu durum, çimento üretim ve ihracatında bölgesel üretim avantajlarının ve lojistik maliyetlerin etkili olduğunu göstermektedir.

Tablo 3.2'ye göre Küresel ölçekte çimento ithalatında başı çeken ülkeler arasında Amerika Birleşik Devletleri, her iki yılda da ilk sırada yer almakta ve 2024 yılı itibarıyla ithalat tutarını 2,43 milyar dolara çıkarmıştır. Bu veriler, gelişmiş ülkelerdeki çimento ihtiyacının yerli üretimle karşılanamaması sonucu dış alıma yönelindiğini ortaya koymaktadır. 2023 ve 2024 yıllarına ait çimento ithalatında ilk 10 ülke Tablo 3.2'de gösterilmiştir.

Tablo 3.2: 2023-2024 Yıllarında Dünyada Çimento İthalatında İlk 10 Ülke

2023–2024 Yıllarına göre çimento ithalatında ilk 10 ülke					
S.n.	Ülke (2023)	İthalat 2023 (Milyon \$)	S.n.	Ülke (2024)	İthalat 2024 (Milyon \$)
1	ABD	2.100,0	1	ABD	2.430,0
2	Hollanda	460,0	2	Birleşik Krallık	563,3
3	Fransa	433,9	3	Fransa	527,9
4	İsrail	430,6	4	Filipinler	519,1
5	Filipinler	391,4	5	Hollanda	485,3
6	İtalya	261,2	6	İtalya	446,5
7	Singapur	220,0	7	Bangladeş	364,7
8	Filistin ⁴	203,3	8	İsrail	345,1
9	Hong Kong SAR	201,4	9	Macaristan	342,2
10	Macaristan	188,7	10	Fildişi Sahili	239,6

Türkiye, 2023 yılı itibarıyla 1,4 milyar dolarlık çimento ihracatı ile dünya genelinde ikinci sıraya yerleşmiştir. Buna karşın ithalat düzeyi oldukça düşük olduğundan tablo 3.2'de aynı dönemlerde, dünya genelinde çimento ithalatı gerçekleştiren ülkeler sıralamasında Türkiye yer almamaktadır. Bu durum, Türkiye'nin çimento sektöründe dışa bağımlı değil; tersine dış pazarlara arz sağlayan bir ülke olduğunu açıkça göstermektedir. Türkiye, hem 2023 hem 2024 listelerinde yer almamıştır; net ithalatçı olarak öne çıkmamıştır.

3.1.2. Türkiye’de çimento sektörü

Türkiye, çimento üretiminde dünyada sayılı ülkeler arasında yer almakta olup; sahip olduğu doğal kaynaklar, sanayi altyapısı ve coğrafi avantajları sayesinde sektördeki etkinliğini her geçen yıl artırmaktadır. Özellikle limanlara yakın kurulu üretim tesisleri sayesinde, ülke hem iç pazara hizmet vermekte hem de dış pazarlarda rekabet gücünü korumaktadır. 2023 yılı itibarıyla Türkiye, tablo 3.2’de verildiği gibi **1,4 milyar dolarlık çimento ihracatıyla dünya sıralamasında ikinci** sırada yer alarak dikkat çekici bir ihracat performansı sergilemiştir.

Türkiye’de toplamda **50’den fazla entegre fabrika** ve **20’yi aşkın öğütme tesisi** faaliyet göstermektedir. Bu tesislerin büyük kısmı, Marmara, Akdeniz ve Güneydoğu Anadolu bölgelerinde yoğunlaşmıştır. **Türk Çimento** verilerine göre, Türkiye'nin 2023 yılı toplam çimento üretimi yaklaşık **81 milyon ton**, klinker üretimi ise **61 milyon ton** olarak gerçekleşmiştir. İç tüketimin %70’inden fazlası inşaat sektöründe kullanılmakta; geri kalanı ise ihracata yönlendirilmektedir.

Çimento ihracatı, Türkiye’nin en fazla gelir elde ettiği inşaat malzemeleri ihracatı kalemlerinden biri olup, özellikle Kuzey Afrika, Güney Amerika ve Avrupa pazarlarında yoğunlaşmaktadır. Türkiye, 2024 yılında da bu güçlü ihracat eğilimini sürdürmüş ve küresel çimento ticaretindeki stratejik konumunu pekiştirmiştir.

Diğer yandan, Türkiye’nin çimento **ithalat düzeyi oldukça sınırlı** olup, 2023 ve 2024 yıllarında dünya ithalat sıralamasında ilk 25 ülke arasında yer almamıştır. Bu da, Türkiye'nin kendi iç talebini karşılayabilen ve net ihracatçı konumunda olan bir üretici ülke olduğunu göstermektedir. Küresel ithalatçı ülkelerin çimento temininde dışa bağımlı hale gelmesi, Türkiye’nin bu pazarlardaki rolünü daha da stratejik hâle getirmektedir.

Türkiye çimento sanayisi, sürdürülebilirlik hedefleri doğrultusunda çevresel etkiyi azaltmaya yönelik yatırımlar yapmaya da başlamıştır. Özellikle enerji verimliliği, atık ısı geri kazanımı ve alternatif yakıt kullanımı gibi konular ön plana çıkmaktadır. Tüm bu gelişmeler, Türkiye’nin sadece üretim kapasitesi değil, aynı zamanda çevresel ve teknolojik dönüşüm açısından da sektördeki yerini sağlamlaştırdığını göstermektedir.

Türk çimento sektörü, yüksek üretim kalitesi, sektörde sağlıklı gelişim için kurulan Ar-Ge merkezleri, yapılan eğitim çalışmaları, çevresel ve insan sağlığına yönelik duyarlılığı ile dünya çimento pazarında önemli bir konum kazanmıştır. Sektörün temel politikası, çimento tüketimini azaltmadan çevre sorunlarını dikkate almak ve teknoloji olanaklarını kullanarak sürdürülebilir kalkınmayı hayata geçirmektir.

Türkiye’de çimento talebinin en büyük kaynağı özel konut inşaatlarıdır. Son yıllarda inşaat faaliyetlerine dayalı talep, büyük projelerle artış göstermektedir. 24 Ocak 2020 Elazığ ve 06 Şubat 2023 Kahramanmaraş merkezli yaşanmış depremler sonrası yıkımı gerçekleşen ve yıkımlardan kaynaklı büyük kapsamlı yeni konut yapımları, kentsel dönüşüm, nükleer santraller ve Çanakkale köprüsü gibi büyük projeler, çimento talebinin artışında etkili olmuştur. Özel konut inşaatları, Türkiye’de çimento talebinde en çok paya sahip görünmektedir. Alt yapı projeleriyle birlikte bu talep son yıllarda artmıştır.

Türkiye'deki çimento tesisleri, enerji ihtiyaçlarını genellikle petrokok ve kömürle karşılamaktadır.

Beton yollar, gelişmiş ülkelerde uzun bir geçmişe sahiptir. Ülkemizde, petrol bazlı asfalta göre birçok avantaj sunan beton yolların kullanımının arttığı görülmektedir. Sektörün büyümesine katkı yapması beklenmektedir. Beton yollar, tamamen yerli kaynaklarla üretilmiş olup, esnek üst yapılarla karşılaştırıldığında çevre dostu, dayanıklı ve ağır taşıma yüklerine karşı dirençli olan katı üst yapılar olarak tanımlanabilir. Artan petrol maliyetleri sonucunda, beton yollar hem yapım aşamasında hem de yaşam döngüsü maliyetlerinde esnek üst yapıların karşısında rekabet edebilir hale gelmiştir.

Türkiye’de ulaşım sistemleri içerisinde karayolu taşımacılığı, demiryolu, denizyolu ve havayoluna kıyasla çok daha yaygın kullanılmakta ve hem yolcu hem de yük taşımacılığında başat bir konuma sahiptir. Bu yoğunluk, karayolu trafiğinde kaza riskini artırmakta ve trafik güvenliği açısından önemli bir problem alanı oluşturmaktadır. Trafik kazalarının sayısını ve şiddetini azaltmaya yönelik olarak; araç güvenliğini artıran teknolojik yenilikler, trafik mevzuatının etkin biçimde uygulanması ve yol güzergâhlarında stratejik noktalara güvenlik bariyerlerinin yerleştirilmesi gibi çeşitli önlemler önerilmektedir.

Son yıllarda geliştirilen prefabrik beton bariyer sistemleri, trafik güvenliği alanında etkili bir çözüm olarak öne çıkmaktadır. Bu bariyerler, çarpışma anında aracın kontrolsüz

şekilde savrulmasını engelleyerek, yön değiştirmesine izin vermeden aracın kademeli olarak yavaşlamasını sağlar ve böylece araç içindekilerin maruz kalacağı fiziksel zararı en aza indirir. Ayrıca, çelik bariyer sistemleriyle karşılaştırıldığında, beton bariyerlerin bakım, onarım ve işletme maliyetlerinin daha düşük olması, ekonomik açıdan da tercih edilmelerine neden olmaktadır. Böylece, hem güvenlik hem de maliyet verimliliği bakımından önemli avantajlar sunmaktadırlar.

3.2. Çimentonun Kimyasal Yapısı

Çimento, su ile bir araya geldiğinde hidratasyon reaksiyonları ve süreçleri sonucunda sertleşen, priz alarak katılaştıran ve su altında dahi dayanıklılığını koruyabilen inorganik ve ince öğütülmüş bir hidrolik bağlayıcıdır [75]. Su ile etkileşimde bulunduğu havada veya su içerisinde sertleşip çevresindeki malzemeleri bir arada tutma yeteneğine sahip maddelere hidrolik bağlayıcı denir [76].

Çimento, esas olarak kireç, silisyum dioksit, alumina ve demir oksit gibi bileşenleri içeren hammaddelerin belirli oranlarda homojen bir şekilde karıştırılıp, sinterleme sıcaklığına kadar pişirilmesi sonucu elde edilen klinker ile çeşitli katkıların birlikte öğütülmesiyle üretilir [77]. Klinkeri meydana getiren ana bileşenler, kimyasal formülleri ve kaynakları Tablo 3.3’de bulunmaktadır.

Tablo 3.3: Çimento Kaynakları Bileşenleri ve Kimyasal Formülleri

Ana Kaynak	Bileşik	Formül
Kalker (kireçtaşı), marn	Kireç	CaO
Kil, kum, kumtaşı, çakıl	Silisyum dioksit	SiO ₂
Kil, boksit, kum, şeyl	Alumina	Al ₂ O ₃
Hematit, limonit, pirit külü, demir cürufu	Demir oksit	Fe ₂ O ₃

3.2.1.Klinker hammaddeleri

Klinker yapımında temel bileşenler olan CaO, SiO₂, Al₂O₃ ve Fe₂O₃ doğal olarak saf halde bulunmazlar. Bunlar, kireçtaşı, kil ve marn gibi taşlardan temin edilir. Bu taşlarla ilgili bazı temel bilgiler aşağıda özetlenmiştir.

i. Kalker (kireçtaşı)

Kalker veya kireç taşı, kimyasal içerik yönünden %90'a kadar kalsiyum karbonat (CaCO_3) ve mineral yapısı itibarıyla de %90'a kadar kalsit içeren taşlar olarak tanımlanmaktadır [78]. Çimento üretiminde önemli olan kalker yataklarının kimyasal yapısının yanı sıra, fabrikaya olan uzaklığı, çıkarılabilirliği, kolay kırılabilirliği, öğütme uygunluğu, pişme özelliği, nem oranı ve homojenliği de maliyet üzerinde etkili faktörlerdir [79].

ii. Kil

Kayaçlar, yerbilimciler tarafından kil olarak adlandırılmaktadır. Bu kayaçların mineralojik bileşiminde %90'a kadar kil mineralleri bulunmaktadır. Kil minerallerinin önemli bir özelliği, kimyasal yapılarında Al_2O_3 içermeleridir. Çimento üretimi amacıyla kullanılacak kil minerallerinin homojen bir yapı göstermesi bakımından kimyasal bileşimindeki $\text{Al}_2\text{O}_3 / \text{Fe}_2\text{O}_3$ oranının yaklaşık olarak 2 olması gereklidir [78].

iii. Marn

Marn, doğada %50-70 oranında kalsiyum karbonat (CaCO_3) ile %30-50 oranında kil karışımından oluşan bir tür kayaçtır. Çimento yapımında, klinkerin kimyasal yapısına en çok benzeyen doğal kayaç olduğu için tercihen %70 CaCO_3 ve %30 kil içeren marn'lı CaCO_3 kullanımı yaygındır. Kolayca çıkarılabilen ve yumuşak bir yapı özelliği taşıyan marn, parçalama ve ısıtma işlemlerinde enerji tasarrufuna yardımcı olmaktadır [77].

3.2.2. Çimento katkıları

Çimento üretiminde klinkerle birlikte öğütülen yardımcı maddeler puzolanlar, uçucu kül, alçıtaşı ve demir cevherleri olarak bilinir ve bunların özellikleri aşağıda açıklanmıştır.

i. Puzolanik maddeler

Puzolanik özellik gösteren malzemeler, doğrudan hidrolik bağlayıcılık özelliğine sahip olmasalar da, ince öğütülüp nemli ortamda ve normal sıcaklık koşullarında kimyasal tepkimeler sonucu bağlayıcı nitelik kazanabilen doğal ya da yapay kaynaklı maddelerdir. Bu tür malzemelerin öne çıkan temel özellikleri, yüksek oranda silisyum dioksit (SiO_2) ve alüminyum oksit (Al_2O_3) içermeleridir. Türkiye'deki çimento sanayisinde, doğal puzolanik katkı maddesi olarak tras ve doğal cüruflar yaygın olarak kullanılmaktadır [78].

ii. Uçucu küller

Uçucu küller ya da toz halinde yakıt külleri, özellikle elektrik üreten tesislerin toz yakıtlı kömür ocaklarından elde edilen malzemelerdir. Dünya genelinde, SiO_2 , Al_2O_3 ve Fe_2O_3 içerikler taşırlar. Diğer puzolanik maddeler gibi, ince bir şekilde öğütüldüklerinde, ıslak ortamlarda ve normal sıcaklıklarda bağlayıcı özellikler kazanırlar [76].

iii. Alçıtaşı

Alçıtaşı, kimyasal olarak kalsiyum sülfat (CaSO_4) bileşiğinden oluşan bir mineraldir. İki molekül kristal su içeren formuna "jips", susuz olan türüne ise "anhidrit" adı verilir. Ancak hem jips hem de anhidrit doğada çoğunlukla saf halde bulunmaz; genellikle çeşitli safsızlıklarla birlikte yer alırlar. Ancak çimento sektöründe, genellikle maden çıktığı haliyle, herhangi bir işleme tabi tutulmadan kullanılabilen jips tercih edilmektedir [78].

iv. Demir cevheri

Demir, sanayinin en önemli hammadde kaynaklarından biri olup, oksitlenme özelliği sayesinde doğada nadir olarak serbest bulunur. Çimento endüstrisinde kullanılan demir mineral türleri hematit ile limonittir. Bu minerallerin özellikleri aşağıda açıklanmıştır [80].

v. Hematit

Hematit yapısında %70 demir (Fe) ve %30 oksijen (O) bulunmaktadır. Bu mineral hidrotermal, pnömatolitik, metazomatik ve metamorfik yollarla oluşur ve magnetit'in dönüşümü ile de ortaya çıkabilir. Ayrıca, hematit toz halinde bulunduğu asitlerde çözünme gösterir. Hematitin metamorfizması sonucunda limonit oluşmaktadır [80].

vi. Limonit

Limonit, doğada sık karşılaşılan ancak büyük rezervler halinde nadiren bulunan bir mineraldir. Genellikle kütle şeklinde bulunur ve başlıca demirli minerallerin dönüşümüyle meydana gelir. Çimento endüstrisinde kullanılacak demir cevherinde, çimentoya zarar verebilecek ve rengini değiştirebilecek arsenik, serbest silis asidi, fosfor, klor, krom, bakır, nikel, kurşun, manganez ve kobalt gibi maddeler ve zararlı safsızlıklar bulunabilir. Bu maddelerin demir cevheri içindeki oranlarının yüzde birden fazla olmaması tercih edilmektedir.

3.3: Çimento Sektöründe İş Sağlığı ve Güvenliği İle İlgili Mevzuat

12/5/2003 tarihli ve 4857 sayılı İş Kanunu çerçevesinde hangi işlerin sanayi, ticaret, tarım ve orman işleri kapsamına gireceğini belirlemeyi amaçlayan, 03/09/2008 tarihli ve 26 986 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanarak yürürlüğe giren Sanayi, Ticaret, Tarım ve Orman İşlerinden Sayılan İşlere İlişkin Yönetmelik Ek-1 uyarınca, çimento ve hazır beton işleri sanayi sınıfına 67 alt sınıf numarası ile dahil edilmektedir.

19/12/2012 tarihli ve 28 502 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanarak yürürlüğe giren İş Kolları Yönetmeliği Ek-1, Toplu İş Sözleşmesi Kanunu’nun 4. maddesinde belirtilen iş kollarına hangi işlerin dahil olacağını belirlemeyi hedeflemektedir. Bu yönetmelik 20 ana sınıftan oluşmakta olup, 11. maddesi “Çimento, Toprak ve Cam” olarak adlandırılmakta ve çimento üretimi 23. 51 alt sınıf numarasına atanmıştır.

26/12/2012 tarihli ve 28 509 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanarak yürürlüğe giren “İş Sağlığı ve Güvenliğine İlişkin İşyeri Tehlike Sınıfları Tebliği” incelendiğinde, “23. 51. 01” NACE koduyla gösterilen Portland çimentosu üretiminin “Çok Tehlikeli” iş yeri sınıfına girdiği anlaşılmaktadır.

Ülkemizde çimento sektörüyle ilgili olarak iş sağlığı ve güvenliği mevzuatında net düzenlemeler bulunmamaktadır. Ancak, 30/6/2012 tarihli ve 28339 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanan 6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu, çalışma koşulları ile ilgili etkenlerin etkilerini içeren genel bir önleme politikasını geliştirmeyi amaçlamaktadır. Bu yasa, tüm iş yerleri için risk değerlendirmesi yapılmasını zorunlu kılmaktadır. Bu bağlamda, iş kazası veya meslek hastalığı riski teşkil eden etkenler konusunda yasal düzenlemeler uygulanmakta ve takip edilmesi işverenin sorumluluğundadır. Aşağıda bu düzenlemeler listelenmiştir:

- Gürültü ile İlgili Risklerden Korunma Yönetmeliği, Resmi Gazete Yayın Tarihi: 28. 07. 2013 Sayısı: 28721
- Titreşimle İlgili Risklerden Korunma Yönetmeliği, Resmi Gazete Yayın Tarihi: 22. 08. 2013 Sayısı: 28743
- İş Ekipmanlarının Sağlık ve Güvenlik Şartlarına Dair Yönetmelik, Resmi Gazete Yayın Tarihi: 25. 04. 2013 Sayısı: 28628
- Elle Taşıma İşleri Yönetmeliği, Resmi Gazete Yayın Tarihi: 24. 07. 2013 Sayısı: 28717

- Günde En Fazla Yedi Buçuk Saat veya Daha Az Çalışılması Gereken İşlerle İlgili Yönetmelik, Resmi Gazete Yayın Tarihi: 16. 07. 2013 Sayısı: 28709
- İşyeri Bina ve Eklentilerindeki Sağlık ve Güvenlik Önlemleri Hakkında Yönetmelik, Resmi Gazete Yayın Tarihi: 17. 07. 2013 Sayısı: 28710
- Kişisel Koruyucu Donanımların İşyerlerinde Kullanımıyla İlgili Yönetmelik, Resmi Gazete Yayın Tarihi: 02. 07. 2013 Sayısı: 28695
- Çalışanların İş Sağlığı ve Güvenliği Eğitimleri ile İlgili Usul ve Esaslar Yönetmeliği, Resmi Gazete Yayın Tarihi: 15. 05. 2013 Sayısı: 28648
- Sağlık ve Güvenlik İşaretleri Yönetmeliği, Resmi Gazete Yayın Tarihi: 11. 09. 2013 Sayısı: 28762
- İşyerlerinde Acil Durumlar Hakkında Yönetmelik, Resmi Gazete Yayın Tarihi: 18. 12. 2013 Sayısı: 28681
- İş Sağlığı ve Güvenliği Risk Değerlendirmesi Yönetmeliği, Resmi Gazete Yayın Tarihi: 29. 12. 2012 Sayısı: 28512 [81].

Avrupa Birliği mevzuatında, çimento sektörüne yönelik özel bir iş sağlığı ve güvenliği düzenlemesi bulunmamaktadır. Ancak, dünya çapında uygulanan iş sağlığı ve güvenliği yönetim sistemlerinin temel dayanağı, çalışanların iş yerlerindeki sağlık ve güvenlik koşullarını iyileştirmeye yönelik önlemleri belirleyen 89/391/EEC sayılı Avrupa Birliği İş Sağlığı ve Güvenliği Çerçeve Direktifi'dir. Bu direktif, kamu ve özel sektördeki tüm iş kolları için geçerli olan genel iş sağlığı ve güvenliği yönetim ilkelerini ve süreçlerini içermektedir. Direktife göre, iş sağlığı ve güvenliği yönetimindeki temel hedef, çalışanların sağlık ve güvenlik koşullarının sürekli olarak iyileştirilmesidir. Ayrıca, çimento sektörüyle ilgili diğer Avrupa Birliği iş sağlığı ve güvenliği düzenlemeleri aşağıda sıralanmıştır.

- 2009/104/EC numaralı belgedeki İş Ekipmanları için Sağlık ve Güvenlik Gerekliklikleri ile ilgili AB Konsey Direktifi
- 99/92/EC numaralı belgedeki Patlayıcı Ortam Tehlikelerinden Çalışanların Korunması ile ilgili AB Konsey Direktifi
- 92/58/EEC numaralı belgedeki Sağlık ve Güvenlik İşaretleri ile ilgili AB Konsey Direktifi

- 89/654 EEC numaralı belgedeki Yerüstü ve Yer Altı Maden İşyerlerinde Çalışanların Sağlığını Koruma ve İş Güvenliğini İyileştirme ile ilgili AB Konsey Direktifi
- 89/655 EEC numaralı belgedeki İş Araçlarının Çalışanlar Tarafından Kullanılmasına ilişkin Asgari Güvenlik ve Sağlık Şartlarına yönelik AB Konsey Direktifi
- 89/656 EEC numaralı belgedeki Kişisel Koruyucu Donanımların Kullanımı ile ilgili AB Konsey Direktifi
- 90/269 EEC numaralı belgedeki Özellikle Sırt Yaralanmalarına Neden Olabilecek Elle Yükleme ve Boşaltma İşlerinde Sağlık ve Güvenlik Koşulları ile ilgili AB Konsey Direktifi
- 90/270 EEC numaralı belgedeki Ekran Tabanlı Çalışma ile ilgili Asgari Sağlık ve Güvenlik Koşullarını ele alan AB Konsey Direktifi
- 2006/95/EC numaralı belgedeki Elektrikli Ekipmanlar ile ilgili AB Konsey Direktifi
- 2001/95 EC numaralı belgedeki Ürün Güvenliği ile ilgili AB Konsey Direktifi
- 89/686/EEC numaralı belgedeki Kişisel Koruyucu Donanımlar hakkında AB Konsey Direktifi
- 2006/42/EC numaralı belgedeki Makineler ile ilgili AB Konsey Direktifi
- 96/53/EC numaralı belgedeki Trafikte Yük Taşıma ile ilgili AB Konsey Direktifi
- 98/24/EC numaralı belgedeki İşyerinde Kimyasallardan Kaynaklanan Riskler hakkında AB Konsey Direktifi
- 90/269/EEC numaralı belgedeki Elle Taşıma ile ilgili AB Konsey Direktifi
- 92/57/EC numaralı belgedeki İnşaat Alanları ile ilgili AB Konsey Direktifi [82].

3.4: Çimento Sektöründe Görülen Riskler

Çimento, hidrolik çimento maddelerinin birleşiminden oluşan ince bir toz olarak tanımlanabilir. Bu hidrolik çimento, kalsiyum silikatlar, alüminatlar ve alüminoferritler gibi bileşenleri içerir. Portland çimentosu, temel olarak kalsiyum, silika, alümina ve demir gibi dört ana grup elementi kapsayan ve 30'dan fazla hammadde kullanılmakta olan özel bir çimento çeşididir [83]. Bununla birlikte, çimento üretimi esnasında meydana gelen yakıcı özellikleri nedeniyle, bazı kimyasal yanıklara, tozdan kaynaklanan tahrişlere ve aşırı maruz kalma durumunda akciğer kanseri riskine yol açabilme potansiyeli vardır [84]. Çimento sanayi çalışanları, mesleki risklerle dolu bir ortamda yer almaktadırlar. Bu riskler çeşitli yaralanmalar, ölüm, alerjik tepkiler, işitme kaybı ve solunum problemlerini kapsamaktadır.

Çimento üretim sektörü, atmosfere yüksek miktarda karbon dioksit (CO₂) yayarak en önemli sera gazı kaynaklarından birisidir. Kireç taşının çimentoya dönüşümünde kullanılan ısı, atık olarak CO₂ salınımına neden olmaktadır. Dünya Sağlık Örgütü'nün 2018 verilerine göre, hava kirliliği yüzünden her 10 kişiden 9'u aşırı derecede toksin solumaktadır.

Afrika ve Asya, hava kirleticileri sebebiyle meydana gelen ölümlerin %90'ından sorumlu oldukları için en kötü etkilenen bölgeler arasındadır. Farklı çalışmalar, toplam endüstriyel salımların %40'nın 20-30'luk bir kısmının çimento üretiminden kaynaklandığını göstermektedir. Atmosferdeki karbon dioksit (CO₂) seviyeleri de önemli bir endişe kaynağı; sanayi devrimi öncesinde yaklaşık 200 ppm iken, yüzyılın sonuna doğru bu seviyenin 800 ppm'yi geçmesi beklenmektedir. Bu durum, küresel iklim değişikliğiyle ilgili ciddi sorunlar doğurmaktadır. Hava kirliliği açısından en yaygın kirleticiler arasında uçucu organik bileşikler, karbon monoksit, partikül madde, sülfür dioksit, nitrojen oksitler ve hidrokarbonlar bulunmaktadır. Kayalar çıkarılırken havaya salınan partiküller, insan sağlığına zarar verebilir ve gürültü kirliliğine yol açabilir [85].

Ayrıca, çimento tesisleri, işletme süreçlerinde çalışanların sağlığını ve güvenliğini etkileyen pek çok potansiyel tehlike taşımaktadır. Bu tehlikeler arasında, malzeme taşımacılığı esnasında açığa çıkan zehirli gazlar (karbon monoksit, karbon dioksit, nitrojen oksitler, sülfür dioksit), işleme kaybı riski oluşturabilecek gürültü ve solunum yolları hastalıklarına neden olabilecek tozlar bulunmaktadır. Taşınan malzemelerden yayılan zehirli gazlar solunum yoluyla vücuda girdiğinde ciddi sağlık problemleri doğurabilir. Karbon monoksit ve nitrojen oksitler, göğüste rahatsızlık, nefes darlığı, baş dönmesi ve hatta utanç verici sonuçlarla ölüm riskine neden olabilir. Sülfür dioksit ise bronşit ve astım gibi kalıcı solunum yolu hastalıklarını tetikleyebilir ve gözlerde tahrişe yol açabilir. Ayrıca, karbon dioksit emisyonları da küresel iklim değişikliğine katkıda bulunur [86].

Sana ve diğerleri, 2013 yılında Hindistan'ın Keşmir bölgesindeki çimento fabrikalarında çalışan bireylerin sağlığına dair yaptıkları araştırmada, çimentonun insan sağlığı üzerindeki olumsuz etkisini ve bunun özellikle yaz aylarında daha belirgin hale geldiğini saptamışlardır. Taş ocaklarındaki patlamaların havaya toz, gaz, gürültü ve titreşim şeklinde kirleticiler yaydığını ve ayrıca kırsal alanlarda zarara yol açtığını belirlemişlerdir. Çimentonun kardiyovasküler ve solunum sistemleri üzerindeki olumsuz etkilerini de ortaya koymuşlardır. Çimento tozu maruziyeti, akciğer kanseri, pnömokonyoz, solunum yolu

hasarları, cilt tahrişleri, dermatit, cilt yanıkları, konjonktivit, baş ağrısı, yorgunluk, göz yaralanmaları ve mide ile kolon sorunlarına neden olabilir. Bu hastalıklar, toz emme sisteminin eksikliği veya kötü durumda olması, yetersiz temizlik ve kişisel koruyucu ekipman eksikliğinden kaynaklanmaktadır [84]. Çimento sanayisinde bazı kimyasal maddelere maruziyet değerleri Tablo 3.4’de verilmiştir.

Tablo 3.4: Maruz kalma sınırları [87].

No	Kimyasallar	Eşik Sınır Değer Zaman Ağırlıklı Ortalama
1	Portland çimentosu	10 mg toplam toz/m ³
2	Kalsiyum sülfat dihidrat (alçı taşı)	10 mg toplam toz/m ³
3	Kristalin silika	0,05 mg solunabilir kuvars/m ³
4	Kalsiyum karbonat	10 mg toplam toz/m ³

Çimento sektörü, zararlı gazların yanı sıra çeşitli partikül maddelerin de yayılmasına neden olmaktadır. Bu endüstriden çıkan parçacık yarıçapları 0,025 ile 5 mikrometre arasında değişim göstermektedir. 10 ile 2,5 mikrometre arasında olan boyutlar üst solunum yollarına girebilirken, daha küçük olanlar kan ve akciğerlere ulaşabilmektedir. Tablo 3.5’de verilmiştir. [85].

Tablo 3.5: Çalışma Ortamında Belirli Tehlikeli Maddelerin İzin Verilen Seviyeleri [84].

Maddeler	Zaman ağırlıklı ortalama ppm cinsinden konsantrasyon (TWA) (8 saat)	Kısa süreli maruz kalma sınırı (STEL), ppm cinsinden (15 dakika)
Karbonmonoksit	50	400
Kükürt dioksit	2	5
Nitrojen dioksit	3	5
Ozon	0,1	0,3

2017 yılında, Dünya Bankası atmosferdeki PM 2.5'in yol açtığı erken ölüm sayılarını 49.100 olarak bildirmiştir. Bu durumda, 5 yaş altındaki çocuklar alt solunum yolu enfeksiyonlarına en fazla maruz kalma riski olan gruptur ve bu ölümlerin yaklaşık %60'ını oluşturmaktadır. Ayrıca, bebekler, yaşlılar ve astım, amfizem ya da bronşit gibi solunum sorunları yaşayan bireyler de bu durumdan en fazla etkilenenler arasında yer almaktadır. Ancak, karbon yakalama teknolojisinin henüz çimento sektöründe uygulamaya konmadığı da belirtilmelidir [85].

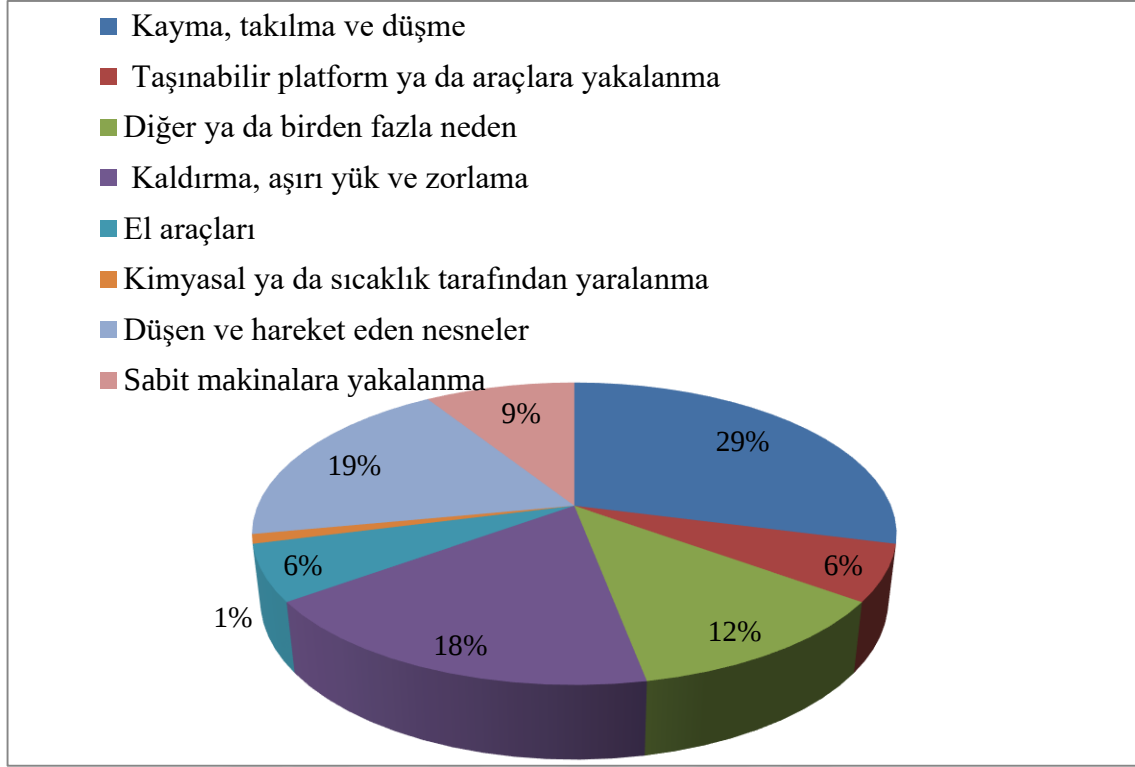
3.5. Çimento Üretimindeki Tehlikeler, Kazalar ve Yaralanmalar

Risk, Tehlikelerin neden olabileceği yaralanmalar veya kayıplar hakkında olasılıklar vardır. Risk, olasılıkların ve etkilerin bir araya gelmesidir. Bir zararın, kaybın veya yaralanmanın meydana gelmesi ve bu durumun sonuçlarının ne kadar ciddi olabileceği şeklinde tanımlanır [79].

Kaza, Öngörülemeyen ve daha önce planlanmamış bir olaydır, bu durum yaralanmalara yol açabilir. Başka bir tanıma göre, insan iradesinin dışında meydana gelen, fiziksel ve zihinsel zarara yol açabilen ani bir olaydır. Kaza, hiç beklenmediğiniz bir anda aniden meydana gelir; ne zaman, nerede ve nasıl olacağı, etkileyeceği kişilerin kimler olacağı önceden bilinemez ve bu durum genellikle yaralanmalara, zararlara ya da ölümlere yol açar [88].

Yaralanma, mekanik, ısı ve kimyasal enerjilerin neden olduğu, yapısal değişiklikler ve fizyolojik sorunlarla tanımlanan durumlardır. Bu durumlar, yaşam için gereken temel unsurlar olan oksijen ve ısıya eksikliği ile ilgilidir [89].

Çimento üretimindeki riskler genellikle üç ana gruba ayrılmaktadır. Bunlar, rutin ve genel tehlikeler, çimento üretimi esnasındaki özel tehlikeler ve çalışma koşullarından kaynaklanan özel tehlikelerdir. İş kazalarının gerçekleşmesi, çoğunlukla güvensiz koşullar ve güvensiz davranışların sonucu olarak ortaya çıkmaktadır. İş güvenliğinin temel amacı, çalışanların güvensiz hareketleri ya da güvensiz çalışma koşullarından dolayı meydana gelebilecek kazaların önüne geçmek ve böylece güvenli bir çalışma ortamı sağlamaktır [90].



Şekil 3.1: Çimento Endüstrisinde Sebeplere Göre Meydana Gelen İş Kazaları [83].

Çimento fabrikalarında en sık rastlanan yaralanma sebepleri arasında kayma, takılma ve düşme (%29), düşen ya da hareket eden nesneler (%19), kaldırma, aşırı yük ve zorlama (%18) yer alır. Bunun yanı sıra, çimento sektöründe karşılaşılabilecek en kötü durum ölümlerdir (Şekil 3.1). Tüm ölüm vakalarının %79'u üç ana faktörden kaynaklanmaktadır:

- Hareket eden ve taşınabilen platformlar (%43),
- Yüksekten düşmeler ve düşen nesneler (%21)
- Hareket eden ya da başlayan bir ekipmana çarpma (%15).

Çimento endüstrisinde bahsedilen tipik yaralanmalar dışında, önemli bir kazanın fırın sahasında meydana geldiği görülmektedir. Çimento işleme ve klinker üretim alanlarından biri olan fırın, potansiyel tehlikelerin en yoğun olduğu yerdir [86]. Çimento üretim süreçlerinde çalışanların İSG kurallarına uyması ve KKD kullanması son derece önemlidir. Çimentonun ham maddesinin taş ocağında patlayarak çıkarılmasından, çimentonun üretilmesi, paketlenmesi, depolanması ve teslimatına kadar olan her aşama tehlikelerle doludur. Bu tehlikeler Tablo 3.6'da belirtilmiştir.

Tablo 3.6: Çimento Üretim Süreçleriyle İlişkili Ana Tehlike Faktörleri [83]

Aşama	Ana tehlike faktörü
Taş ocağı	Toz, gürültü
Hammadde hazırlama	Toz, zehirli gazlar (CO, CO ₂ , NO _x , SO ₂), gürültü, ısı kirliliği
Klinker yakma	Toz, zehirli gazlar, yüksek ısı radyasyonu, yüksek iş yükü
Klinker soğutma ve çimento öğütme	Yardımcı malzemeler ve katkı maddeleri, toz, ısı, gürültü
Paketleme, depolama ve teslimat	Toz, yüksek iş yükü

Patlayıcı maddeler kullanılarak hammaddelerin taş ocağında elde edilmesi ve işlenmesi gibi işlemler sırasında, çalışanlar yüksek ses seviyelerine maruz kalmaktadır. Bu durum, işitme kaybına yol açabilir. Çimento sektöründe gürültü oluşturan başlıca kaynaklar arasında, kırıcı cihazlar, kompresörler, fanlar, üfleyiciler, malzeme yükleyicileri ve DG sistemleri yer almaktadır.

Gürültü seviyesi, sekiz saatlik bir süre içerisinde ortalama 85 dB(A) değerini aştığında aşağıdakiler gereklidir:

- Gürültü ölçüm ve analiz çalışmaları
- Mümkünse, kaynakların teknik açıdan kontrolü
- Gürültü kontrolü yapılamıyorsa, idari önlemler ve kişisel koruma önlemleri
- Odyometri testi gerçekleştirilmesi
- Çalışanların eğitimi ve bilgilendirilmesi
- Kayıt tutma faaliyetleri
- Değerlendirme yapma şeklinde bir program oluşturarak bu önlemler alınmalıdır [87].

Çimento sanayisindeki bir diğer tehlike ise toz, gaz ve dumanlardır. Hammaddelerin taşınması esnasında oluşan ve işyerinde yayılan toz emisyonunu kontrol altında tutmak, çevrenin korunmasına ve meslek hastalıklarının önlenmesine yardımcı olur [84].

4. MATERYAL VE YÖNTEM

4.1. Veri Toplama Süreci

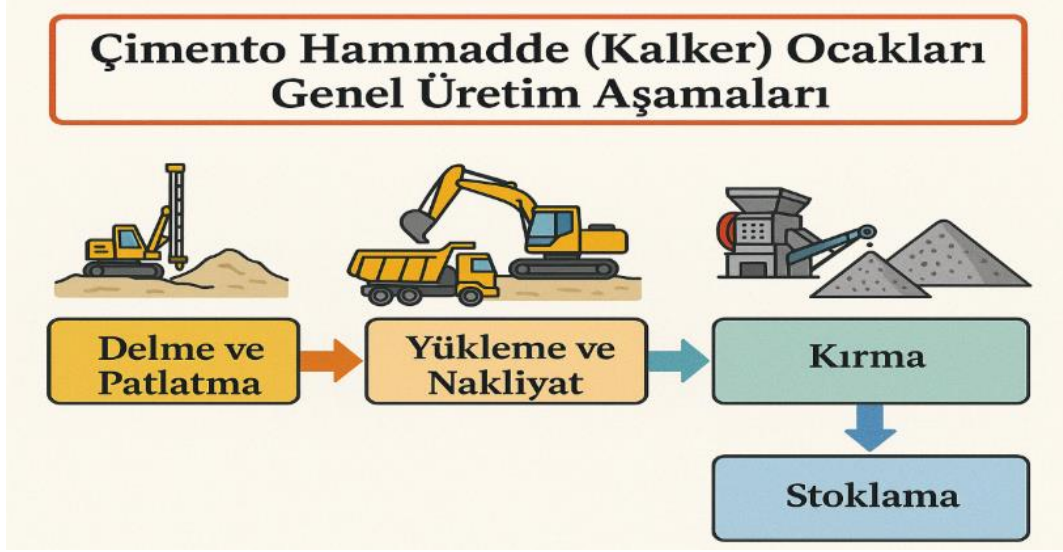
Bu araştırmada, Elazığ, Diyarbakır ve Malatya illerinde faaliyet gösteren taş ocakları, çimento üretim tesisleri ve hazır beton santrallerine ait toz kaynaklı tehlikelerin iş sağlığı ve güvenliği açısından risk değerlendirmesi yapılmıştır. Çalışmada kullanılan veriler, ilgili tesislerin bakanlık onaylı iş sağlığı ve güvenliği firmaları tarafından daha önce hazırlanan risk analiz raporları ve değerlendirme formlarından elde edilmiştir. Her sektörden üç farklı nokta (tesis veya saha) örneklem alınarak, hem bireysel hem de sektörel düzeyde analizler gerçekleştirilmiştir. Verilerin alındığı tesisler ve sektörler;

- Çimento ham maddesi (kalker) üretim ocakları
- Çimento üretim fabrikaları
- Çimentonun yoğun olarak kullanıldığı tesisler (hazır beton santralleri)

4.1.1. Çimento ham maddesi (kalker) taş ocaklarında veri toplama süreci

Bu çalışmada, çimento üretiminin ilk aşamasını oluşturan kalker taş ocaklarında meydana gelen toz emisyonlarının neden olduğu tehlikelerin belirlenmesi, risk analiz süreci açısından temel teşkil etmektedir. Özellikle açık alanda gerçekleştirilen delme-patlatma, kırma-eleme ve nakliye gibi işlemler, yoğun toz oluşumuna neden olmakta ve bu durum hem çalışan sağlığı hem de çevresel etkiler açısından risk oluşturmaktadır [91]. Şekil 4.1’de gösterilen üretim süreci esas alınarak, kalker üretimi genel olarak dört ana aşamada incelenmiştir;

- Delme-patlatma aşamalarına ait çalışmalar
- Yükleme ve nakliyat aşamalarına ait çalışmalar
- Kırma-eleme aşamalarına ait çalışmalar
- Stoklama aşamalarına ait çalışmalar



Şekil 4.1: Hammadde (kalker) ocağı genel üretim aşamaları

Her bir aşama; yerinde gözlem, uzman görüşmeleri, teknik raporlar ve saha notları temel alınarak detaylandırılmıştır. Söz konusu üretim adımlarında tozun hangi ekipman veya işlem sırasında ortaya çıktığı analiz edilerek, bu alanlara özgü tehlike kaynakları belirlenmiştir [92].

Veri toplama kapsamında Elazığ, Malatya ve Diyarbakır illerinde üretim yapan ocaklardan olmak üzere, toplamda üç farklı kalker taş ocağı seçilmiştir. Her ilde seçilen işletmelerin İSG birimleri ile yapılan görüşmelerde, mevcut risk değerlendirme raporları, toz ölçüm sonuçları ve alınan önlemler incelenmiş; ayrıca yetkilendirilen dış İSG firmalarının katkılarıyla sahaya özgü risk analiz verileri toplanmıştır [81].

Toplanan veriler şu ölçütler çerçevesinde sınıflandırılmıştır:

- Uygulanan üretim yöntemleri ve çalışma periyotları
- Kullanılan kırma, eleme, yükleme ekipmanlarının tipi ve kapasitesi
- Toz bastırma sistemlerinin etkinlik düzeyi (örneğin su püskürtme sistemleri, filtreler)
- Delme-patlatma faaliyetlerinin periyodik sıklığı
- Hammadde taşıma yöntemi (konveyör, kamyon vb.)
- Kişisel koruyucu donanım (KKD) kullanımı ve denetimi
- Bölgesel rüzgâr koşulları ve iklimsel faktörler

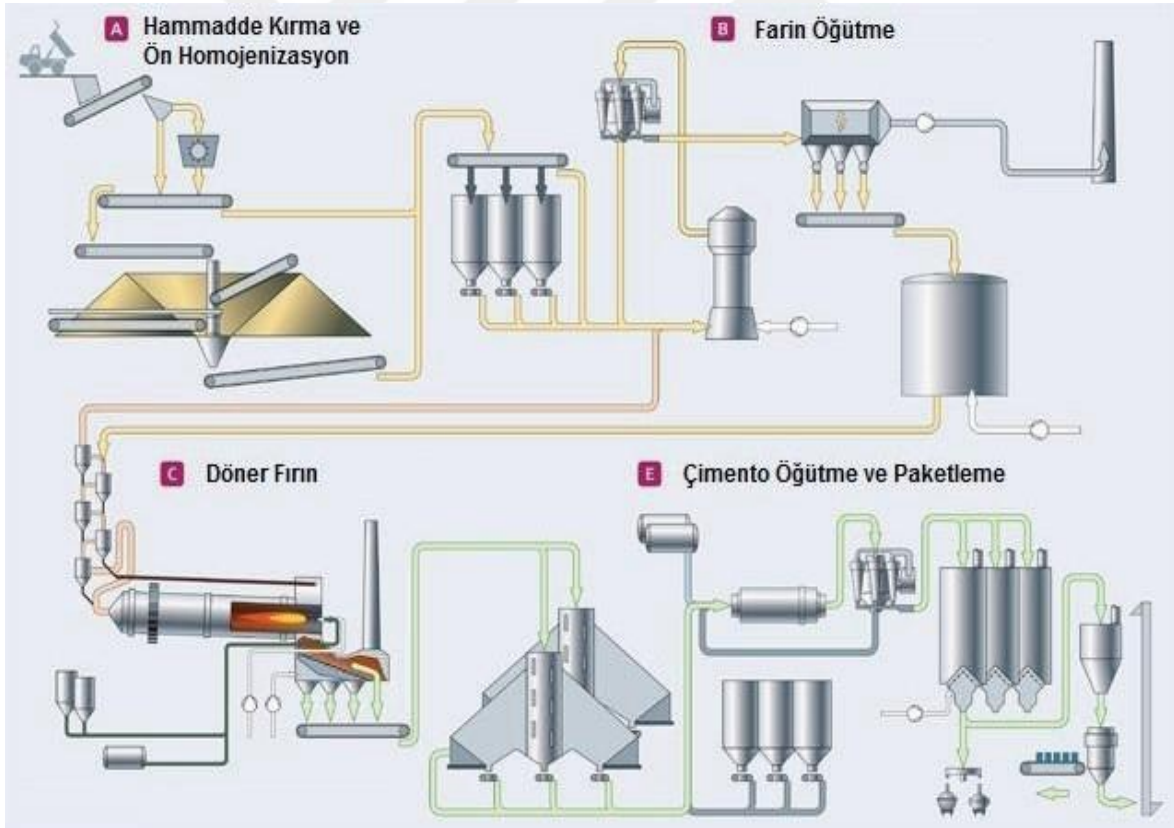
Bu bağlamda, her bir üretim aşamasında ortaya çıkan tehlikeler Fine-Kinney risk analiz yöntemi kullanılarak analiz edilmiş; toz oluşumuna neden olan her işlem için ayrı ayrı risk skorları hesaplanmıştır. Saha verileri ışığında yapılan bu değerlendirmeler, sadece teorik

temellere dayanmamakta, aynı zamanda uygulamaya yönelik saha gerçekliğini de yansıtmaktadır [91], [81].

4.1.2. Çimento fabrikalarında üretim aşamalarına ait veri toplama süreci

Araştırma kapsamında çimento üretim sürecinde, özellikle toz oluşumunun yoğun şekilde meydana geldiği üretim birimleri, risk analizi açısından detaylı şekilde incelenmiştir. Bu bağlamda, çimento fabrikalarında kullanılan üretim teknolojileri ve proses ekipmanları dikkate alınarak, tozların kaynağını oluşturan temel üretim aşamaları belirlenmiştir. Şekil 4.2’de gösterilen üretim süreci doğrultusunda, çimento fabrikalarındaki üretim faaliyetleri başlıca üç temel birim altında sınıflandırılmıştır:

- Farin Hazırlama Ünitesi (Farin Değirmeni)
- Klinkerleşme Süreci (Döner Fırın)
- Çimento Öğütme ve Ambalajlama (Çimento Değirmeni – Paketleme Üniteleri)



Şekil 4.2: Çimento fabrikalarında genel üretim aşamaları

Her bir üretim aşaması, yerinde teknik gözlemler, uzman görüşmeleri ve mevcut teknik dokümantasyon ışığında değerlendirilmiş; toz oluşumuna neden olan süreçler ve ekipmanlar detaylandırılarak tehlike kaynakları belirlenmiştir [93], [91].

Bu doğrultuda, Elazığ, Malatya ve Diyarbakır illerinde faaliyet gösteren toplam üç adet entegre çimento fabrikası seçilmiş olup, bu tesislerin biri kamuya ait, diğer ikisi ise özel sektöre aittir. Fabrikalardaki veri toplama süreci, tesis sorumluları ve yetkilendirilmiş İSG firmaları ile yapılan görüşmeler, İSG kurulu toplantı tutanakları, risk değerlendirme raporları ve toz ölçüm belgeleri üzerinden yürütülmüştür. Üretim birimlerinde gerçekleştirilen incelemeler sonucunda aşağıdaki başlıklar altında toz kaynakları analiz edilmiştir;

Farin değirmeni aşaması:

- Hammaddenin kırılarak öğütülmesi sırasında çıkan ince partiküller,
- Bantlı konveyör sistemlerinden atmosfere yayılan tozlar,
- Kapalı sistem eksikliklerinden kaynaklı sızıntılar [91].

Döner fırın aşaması:

- Ön ısıtıcı kulelerinden çıkan sıcak gazlarla birlikte taşınan tozlar,
- Kalsinasyon aşamasında yüksek sıcaklık nedeniyle oluşan ince parçacıklar,
- Yakıt besleme alanındaki kömür ve petrokok tozları [92].

Çimento değirmeni ve paketleme aşaması:

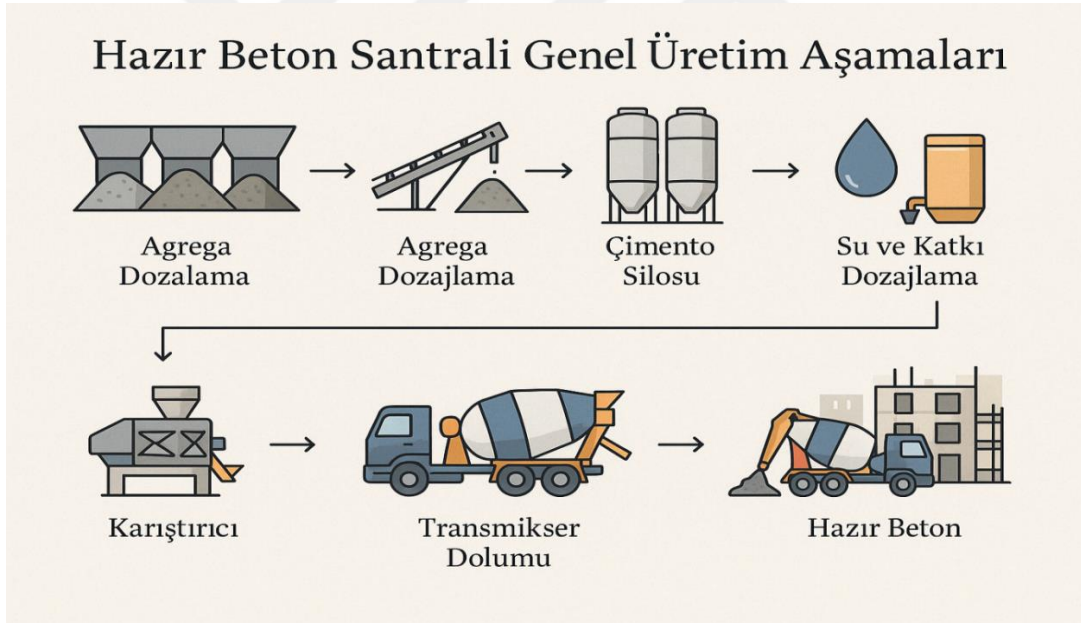
- Klinkerin öğütülmesi sürecinde oluşan çimento tozları,
- Paketleme makinelerinde torbalama sırasında atmosfere yayılan ince tozlar,
- Silolardan dolum esnasında oluşan emisyonlar [81].

Toplanan veriler; tesis bazında ekipman durumu, kullanılan toz bastırma sistemleri, proses yoğunluğu ve personel maruziyet düzeylerine göre sınıflandırılmıştır. Her bir aşamada Fine-Kinney risk analiz yöntemi uygulanmış ve ilgili risk puanları, işletmelerin sunduğu saha raporlarına dayalı olarak hesaplanmıştır. Çalışma süresince risk analiz verileri, farklı zaman aralıklarında, tesislerde gerçekleşen gözlemler ile desteklenmiş ve hem sistematik hem de uygulamaya dayalı bir değerlendirme modeli oluşturulmuştur. Bu durum, elde edilen bulguların güvenilirliğini artırmış, aynı zamanda süreç odaklı iyileştirme önerilerinin geliştirilmesine imkân tanımıştır.

4.1.3. Hazır beton santralleri üretim aşamalarına ait veri toplama süreci

Araştırmanın önemli bir bileşeni olan hazır beton santralleri, çimentonun nihai kullanım alanlarından biri olup üretim süreci boyunca çeşitli noktalarda toz emisyonlarının meydana geldiği kritik alanlara sahiptir. Bu tesislerde gerçekleştirilen faaliyetlerin karakteri gereği, özellikle agrega ve çimento ile ilgili taşıma ve karıştırma işlemleri sırasında toz oluşumu yoğunlaşmaktadır [91]. Şekil 4.3'te gösterilen üretim akışı temel alınarak hazır beton santrallerinde toz oluşumunun gözlemlendiği üretim aşamaları aşağıdaki gibi sınıflandırılmış ve her bir başlık altında oluşabilecek tehlike kaynakları analiz edilmiştir;

- Agrega dozlama ve silolama
- Çimento besleme ve katkı dozajlama
- Karıştırma – beton hazırlama aşaması
- Transmikser dolum ve sevkiyat süreci



Şekil 4.3: Hazır Beton Santralleri genel üretim aşamaları

Bu aşamalar, yerinde yapılan teknik gözlemler, üretim sorumlularıyla gerçekleştirilen mülakatlar ve İSG firmalarının hazırlamış olduğu mevcut risk değerlendirme belgeleri ışığında değerlendirilmiştir. Veri toplama sürecinde Elazığ, Malatya ve Diyarbakır illerinde faaliyet gösteren üç ayrı hazır beton santrali tercih edilmiştir. Her bir tesiste, farklı zamanlarda gerçekleştirilen saha ziyaretleri ile birlikte, üretim birimlerine özel

toz kaynakları belirlenmiş ve risk analiz verileri toplanmıştır. Elde edilen veriler, santral bazında karşılaştırmalı analiz yapmaya imkân sağlayacak şekilde yapılandırılmıştır.

Agrega Dozlama ve Silolama Aşaması:

- Açık stok alanlarındaki agregaların yüklenmesi sırasında oluşan partikül yayılımları,
- Agregaların konveyör bantlarla taşınması sırasında yaşanan dökülme ve sızdırma kaynaklı toz oluşumu,
- Silo dolumları esnasında çimento partiküllerinin atmosfere yayılması [92].

Çimento ve katkı maddesi dozajlama aşaması:

- Çimento silolarında meydana gelen dolum taşmaları,
- Hava basınçlı sistemlerin kullanıldığı katkı aktarımında oluşan ince tozlar,
- Pnömatik dolum hatlarındaki conta eksikliklerinden kaynaklı sızıntılar [91].

Karıştırma – beton hazırlama aşaması:

- Mikser içerisine malzeme aktarımı sırasında yaşanan toz sıçramaları,
- Açık karışım alanlarında partikül madde yoğunluğunun artması,
- Filtre sistemlerinin yetersiz olduğu durumlarda toz yayılımı [81].

Transmikser Dolumu ve Sevkiyat Süreci:

- Beton yükleme noktalarında yaşanan sızıntı ve serpintiler,
- Araç altı ve çevresinde biriken tozların rüzgâr etkisiyle yayılması,
- Temizlik ve bakım işlemleri sırasında tozun tekrar ortama karışması.

Veriler, İSG hizmeti sağlayan firmaların hazırladığı periyodik risk değerlendirme raporları, toz maruziyet ölçümleri ve çalışan görüşmeleriyle desteklenmiştir. Tüm bu bilgiler ışığında her üretim aşamasındaki risk faktörleri, Fine-Kinney Risk Değerlendirme Yöntemi kullanılarak analiz edilmiştir. Böylelikle toz tehlikesine dayalı özgün ve yerel koşullara uyarlanmış bir risk değerlendirme modeli ortaya konmuştur.

Bu verilerin işlenmesinde; toz kontrol sistemlerinin etkinliği, personel eğitim düzeyi, kullanılan ekipmanların yapısı ve santralin coğrafi konumuna ilişkin çevresel koşullar da dikkate alınmıştır. Böylelikle elde edilen analizler, sadece teorik değil, aynı zamanda uygulamaya dayalı, saha temelli ve karşılaştırmalı bir niteliğe kavuşmuştur.

4.2. Veri Analizi Yöntemi

Toplanan veriler; risk skoru (R), olasılık (O), frekans (F) ve şiddet (S) parametrelerine dayalı olarak değerlendirilmiştir. Her risk ögesi için belirlenen bu skorlar doğrultusunda, önlemler öncesi ve sonrası risk dereceleri sınıflandırılmıştır. Toplanan veriler farklı illerdeki aynı sektörlerdeki risk değerlendirme raporları ortak bir çalışmada birleştirilerek oluşturulan risk raporları ayrı ayrı analiz edilmiştir. Her sektöre ait risk değerlendirme puanları ile betimsel istatistiksel analizler, sütun grafikler ve karşılaştırmalı tablolar oluşturulmuştur. Her bir sektör (taş ocağı, çimento fabrikası, hazır beton santrali) için toz kaynaklı tehlikeler ayrı ayrı sınıflandırılmış, sonrasında ortaklaştırılmış tablolar hazırlanmıştır. En yüksek risk taşıyan faaliyetler belirlenerek öncelik sıralaması yapılmıştır.

5. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

Bu bölümde, çimento sektörüne ait üç temel üretim alanı olan **kalker ocakları**, **çimento fabrikaları** ve **hazır beton santrallerinde** gerçekleştirilen toz kaynaklı tehlike analizlerine ilişkin bulgular ayrıntılı şekilde ele alınmaktadır. Saha çalışmaları kapsamında elde edilen veriler, **Fine-Kinney risk değerlendirme yöntemi** çerçevesinde analiz edilmiştir. Her bir üretim aşamasında karşılaşılan başlıca tehlike unsurları, maruziyet seviyeleri ve mevcut kontrol önlemleri dikkate alınarak risk puanlamaları yapılmıştır. Analiz sonuçları, tablo ve grafiklerle desteklenmiş; böylece görsel ve sayısal bulguların birlikte değerlendirilmesi sağlanmıştır.

Her sektöre ilişkin farklı illerdeki üç ayrı tesisten temin edilen risk analiz raporları ortaklaştırılarak, sektörel bazda bütüncül bir değerlendirme yapılmıştır. Bu raporlar üzerinden tehlike kaynakları karşılaştırılmış, uygulanan **düzeltilici ve önleyici faaliyetler (DÖF)** sonrasında ortaya çıkan yeni risk skorları analiz edilmiştir. Ayrıca, sektörel farkların risk düzeyleri üzerindeki etkisi ele alınarak, saha uygulamaları bağlamında iş sağlığı ve güvenliği (İSG) önlemlerinin etkinliği değerlendirilmiştir. Elde edilen bulgular doğrultusunda, riskin azaltılmasına yönelik stratejik iyileştirme alanlarına ilişkin öneriler geliştirilmiştir.

5.1.Çimento Hammaddesi (Kalker) Taş Ocakları Toz Kaynaklı Risk Analizi

Kalker taş ocakları, çimento üretiminin ilk ve en önemli aşaması olan hammadde temini sürecinde yer almakta olup, yoğun toz salınımının gerçekleştiği alanlardır. Bu süreçte oluşan tozlar, hem çalışan sağlığı hem de çevresel etkiler açısından ciddi riskler barındırmaktadır [68], [47]. Bu bölümde, çimento sektörünün temel hammaddesi olan kalkerin temin edildiği taş ocaklarında gerçekleştirilen toz kaynaklı faaliyetlerin, iş sağlığı ve güvenliği (İSG) açısından taşıdığı riskler analiz edilmiştir. Araştırma kapsamında, Elazığ, Malatya ve Diyarbakır illerinde faaliyet gösteren taş ocaklarından elde edilen saha verileri, **Fine-Kinney risk değerlendirme yöntemi** esas alınarak incelenmiştir. Özellikle delme-patlatma, kırma-eleme ve taşıma-yükleme gibi süreçlerde oluşan toz emisyonlarına yönelik risk skorları hesaplanmış ve karşılaştırmalı şekilde değerlendirilmiştir.

Yapılan analizler, kalker ocaklarında yürütülen üretim faaliyetlerinin İSG açısından yüksek risk içerdiğini ortaya koymuştur. Özellikle toz kaynaklı etkiler, çalışan sağlığı ve çevresel güvenlik açısından öne çıkan tehdit unsurları arasında yer almaktadır. Tablo 5.1'de belirtildiği üzere, toplamda yedi farklı tehlike belirlenmiş olup, her bir tehlike için **olasılık, frekans ve şiddet** parametreleri ayrı ayrı değerlendirilerek risk skorları oluşturulmuştur.



Tablo 5.1: Çimento Hammaddesi (Kalker) Taş Ocakları Toz Kaynaklı Risk Değerlendirme Raporu

[Taş Ocakları Toz Kaynaklı Risk Değerlendirme Raporu]																	
TEHLİKE	RUT İN		RİSK TANIMI (ZARAR-ETKİ)	MEVCUT DURUM	KİMLER ETKİLEN EBİLİR	RISK DEĞERLENDİRME					ALINMASI GEREKEN TEDBİR/ PLANLANAN FAALİYETLER / ÖNERİLER		RISK DEĞERLENDİRME				
	E	H				OLASILIK	FREKANS	ŞİDDET	RISK SKOR	RISK SINIFI	YASAL ŞART	ÖNERİLER	OLASILIK	FREKANS	ŞİDDET	DOF. SONRAKİ RISK SKOR	
1.	Şantiye içi araç hareketlerinden kaynaklı toz kalkması	E		Görüş mesafesi azalması, kaza riski	Yol yüzeyleri kuru	Operatörler, yaya çalışanlar	6	2	40	480	F.R.	İSG Mevzuatı	Araç yolları sabah ve öğlen sulanmalı, hız limitleri net olarak belirlenmeli ve tabelalarla gösterilmelidir.	3	2	40	240
2.	Delme-patlatma işlemleri sırasında ortaya çıkan toz	E		Anlık yoğun toza maruz kalma, patlayıcı maddelerle reaksiyon riski	Patlatma öncesi çalışan uzaklaştırılıyor ancak toz maskesi kullanılmıyor.	Bölüm çalışanları	6	2	40	480	F.R.	Toz yönetmeliği	Patlatma sonrası alana giriş belirli süre yasaklanmalı, otomatik ölçümle toz seviyesi kontrol edilmeli.	3	2	40	240
3.	Koruyucu önlem alınmaması	E		Meslek hastalığı	Delme-Patlatma, Kırıcı-Eleme, Yükleme-Nakliyat	İdari personel ve çalışanlar	3	3	40	360	ES.R.	Toz yönetmeliği	Periyodik toz ölçümleri gerçekleştirilerek kabul sınırı üzerinde olup olmadığı irdelenmeli, kontrol yöntemleri impleme edilmelidir, Tozlu ortamlarda gerekli KKD ve solunum sistemi aparatları temin edilerek bu alanlarda kullanımı zorunlu kılınmalıdır.	1	3	40	120
4.	Tozların solunması	E		Meslek hastalığı	Tozun ortamdaki varlığı	İdari personel ve çalışanlar	3	3	40	360	ES.R.	Toz yönetmeliği	Maske kontrolü sağlanmalı ve sağlık kontrolü belirli periyotlarda yapılmalıdır./ Su püskürtme sürekli çalışır halde tutulmalı, kapalı konveyör bant sistemi kullanılmalıdır	1	2	40	80
5.	Kamyonlara malzeme yüklenmesi sırasında toz bulutu oluşumu	E		Solunum yolu hastalıkları, görüş kaybı	Alan sulama sistemi yetersiz	Operatörler, saha çalışanları	3	2	40	240	ES.R.	Toz yönetmeliği	Yükleme öncesi ve sırasında sulama sistemi otomatikleştirilmeli, çalışanlara FFP2 tipi maske temini zorunlu hale getirilmelidir.	1	2	40	80
6.	Açık konveyör bant üzerinden taşımada toz salınımı	E		Toz yayılımı, çevresel etkiler	Taşıma-Kırma-Eleme Kapalı sistem kullanılmıyor	Yakın çevre halkı, çalışanlar	3	2	40	240	ES.R.	Toz yönetmeliği	Bantlar kapalı sistemle korunmalı, bant etrafına toz bariyerleri yerleştirilmeli, filtreli toplama sistemleri kurulmalıdır.	3	1	40	120
7.	Kırıcıdan çıkan tozun yayılması	E		Geniş alana yayılan toz, görüş kapanması	Kırıcı-Eleme Toz toplama sistemi zayıf	Makine operatörleri, bakım çalışanları	6	2	15	180	ÖN.R.	Toz yönetmeliği	Toz emiş sistemleri yenilenmeli, kırıcı çevresi izolasyonla çevrilmeli, otomatik filtre sistemleri kurulmalıdır.	3	1	15	45

i. Delme ve patlatmadan kaynaklı toz oluşumu

Delme ve patlatma faaliyetleri sırasında ortaya çıkan ani ve yoğun toz salınımı, çalışanlar için doğrudan solunumsal riskler oluşturmakta; aynı zamanda patlayıcı maddelerle tepkimeye girme olasılığı gibi ciddi güvenlik tehditlerini beraberinde getirmektedir. Mekanik sondaj makineleriyle yapılan delme işlemleri ve ardından gerçekleştirilen kontrollü patlatmalar sırasında ani ve yoğun toz bulutları oluşur. Bu tozlar mikron boyutlarında olup, havada asılı kalma süresi uzundur [94]. Tablo 5.1'e göre, bu aşamadaki risk skoru 480 olarak belirlenmiş ve bu değer "Felaket Risk (F.R.)" sınıfına girmiştir. Patlama öncesi alanın yeterince izole edilmemesi ve çalışanların toz maskesi kullanmaması durumu ağırlaştırmaktadır. Uygulanan DÖF kapsamında, patlatma alanına girişlerin sınırlandırılması ve toz seviyesi kontrolü sayesinde risk skoru 240 puana indirilmiştir.

ii. Kırma ve elemeden kaynaklı toz oluşumu

Kırma ve eleme işlemleri sırasında, özellikle açık konveyör bantlar ve yetersiz toz emici sistemler nedeniyle yoğun toz çıkışı gözlemlenmektedir. Kalkerin boyut küçültme işlemlerinde kullanılan çeneli kırıcılar ve elekler, toz partiküllerinin önemli bir kaynağıdır. Bu noktalar genellikle en yüksek toz konsantrasyonuna sahiptir [95]. Bu durum, hem çalışanlar hem de yakın çevre açısından maruziyeti artırmaktadır. Tablo 5.1'e göre, bu aşamada değerlendirilen riskler arasında koruyucu önlemlerin alınmaması ve tozun ortamda yayılması, 360 puan ile "Esaslı Risk (ES.R.)" düzeyinde yer almıştır. Toz bastırma sistemlerinin yetersizliği ve KKD eksiklikleri bu sonucu doğurmuştur. Gerekli önlemlerin alınmasıyla birlikte bu değerlerin 80 puana kadar düştüğü gözlemlenmiştir.

iii. Taşıma ve yüklemeden kaynaklı toz oluşumu

Malzemenin kamyonlarla taşınması ve yüklenmesi esnasında, zemindeki kuru yüzeylerin etkisiyle oluşan toz bulutları hem görüş alanını kısıtlamakta hem de çalışanların solunum sağlığını tehdit etmektedir. Ekskavatörler ve kamyonlar aracılığıyla yapılan malzeme taşımalarında toz emisyonu artar. Özellikle kuru zeminlerde tekerlek sürtünmesi ile tozun havaya karışması kaçınılmazdır [96]. Bu faaliyetle ilişkili risk skoru 240 olarak belirlenmiş ve bu da "Esaslı Risk" sınıfında değerlendirilmiştir. Sulama sistemlerinin yetersizliği bu riski artıran temel etkidir. Ayrıca konveyör bant sistemlerinin açık yapıda olması, toz yayılımını geniş bir alana taşımaktadır. Uygulanan sulama sistemleri, kapalı

taşıma bantları ve filtre sistemleri sayesinde, DÖF sonrası bazı risklerin 45 puan gibi düşük seviyelere kadar indirilebildiği görülmektedir.

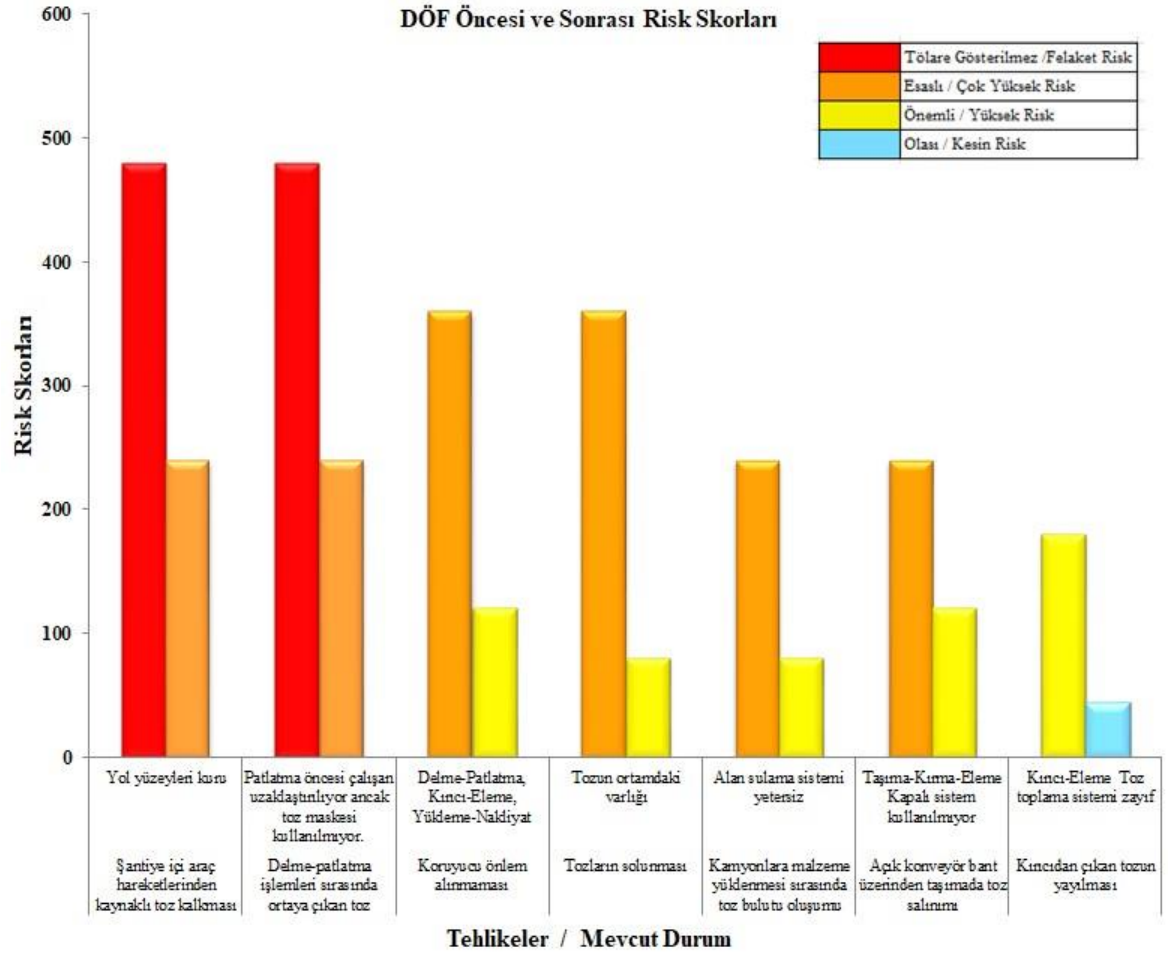
Genel olarak, alınan önlemlerin etkili olduğunu; en yüksek risk skorları, delme-patlatma faaliyetleri ile şantiye içi araç hareketlerinden kaynaklanan toz oluşumlarında gözlemlenmiştir. Bu faaliyetler sırasında, hem ani toz bulutlarının oluşturduğu solunumsal tehditler hem de görüş mesafesinin azalmasına bağlı olarak oluşabilecek iş kazası riskleri belirgin şekilde artmaktadır. Bu tür risklerin önlenmesinde yalnızca teknik mühendislik kontrolleri değil; aynı zamanda çalışan eğitimi, KKD kullanımı ve bakım-temizlik disiplininin sürekliliği de belirleyici olmaktadır. Uygulanan **düzeltilici ve önleyici faaliyetler (DÖF)** sonucunda, birçok alanda risk seviyelerinde önemli oranda azalma sağlandığı ve bazı tehlikelerin daha düşük risk sınıflarına indirilebildiği tespit edilmiştir. Bu sayede hem çalışan sağlığı korunmakta hem de üretim ortamında güvenli bir çalışma standardı oluşturulmaktadır.

5.1.1. Taş ocaklarına ait risk skorlarına göre değerlendirilmesi

Kalker ocaklarında yapılan risk analizleri göstermektedir ki, bu alanlarda toz kaynaklı tehlikeler genellikle operatör maruziyeti, çevresel yayılım, görüş kaybı ve solunum yolu hastalıkları gibi çeşitli boyutlarda etkili olmaktadır. Kalker taş ocakları, çimento sektörünün hammadde temininde kritik bir rol oynamaktadır. Ancak bu süreçte gerçekleştirilen delme, patlatma, yükleme, kırma, taşıma ve stoklama faaliyetleri sırasında yoğun miktarda toz oluşmaktadır. Bu tozlar, hem çalışan sağlığı hem de çevresel açıdan önemli tehlikeler barındırmaktadır.

Kalker taş ocaklarında gerçekleştirilen faaliyetler sırasında oluşan toz emisyonlarının oluşturduğu risk düzeyi, Fine-Kinney yöntemiyle değerlendirilmiş ve Tablo 5.2’de özetlenmiştir. Bu kapsamda, DÖF öncesi ve sonrası risk skorları karşılaştırılmış, özellikle **en yüksek riski taşıyan ve DÖF sonrası ciddi düşüş gösteren** tehlikelere odaklanılmıştır.

Tablo 5.2: Kalker Taş Ocaklarında Toz Kaynaklı DÖF’e Göre Risk Skorları



Tablo 5.2’de görüleceği üzere, en yüksek risk skorları ve DÖF’e göre durum değişikliği en fazla olan skorları karşılaştırdığımızda:

Yol yüzeylerinin kuru olması (Şantiye içi araç hareketleri kaynaklı toz kalkması)

- ✚ DÖF öncesi risk / DÖF sonrası risk skoru: 480 → 240
- ✚ Risk sınıfı değişimi: Felaket risk → Esaslı risk
- ✚ Toplam düşüş: 240 puan (% 50 azalma)

Delme-patlatma, kırıcı-eleme, yükleme-nakliyat (koruyucu önlem alınmaması)

- ✚ DÖF öncesi risk / DÖF sonrası risk skoru: 360 → 120
- ✚ Risk sınıfı değişimi: Esaslı risk → Önemli risk
- ✚ Toplam düşüş: 240 puan (% 66.7 azalma)

Tozun ortamda varlığı (Solunabilir toz partikülleri)

- ✚ DÖF öncesi risk / DÖF sonrası risk skoru: 360 → 80
- ✚ Risk sınıfı değişimi: Esaslı risk → Önemli risk
- ✚ Toplam düşüş: 280 puan (% 77.7 azalma)

Kırıcı-eleme toz toplama sistemi zayıf olması (kırıcıdan çıkan tozun yayılması)

- ✚ DÖF öncesi risk / DÖF sonrası risk skoru: 180 → 45
- ✚ Risk sınıfı değişimi: Önemli risk → Olası risk
- ✚ Toplam düşüş: 135 puan (% 75 azalma)

Tablo 5.2'ye göre bulguları genel olarak değerlendirdiğimizde;

- ✓ Su tankerlerinin düzenli sulama yapmaları ile bu risk %50 oranında azaltılmıştır.
- ✓ Kişisel Koruyucu Donanım (KKD) uygulamalarının zorunlu hale getirilmesi ile önemli bir düşüş sağlanmıştır.
- ✓ Tozun ortamda yoğun bulunması, alınan havalandırma ve sulama önlemleriyle en büyük değişkenliği gösteren durumlardan biri olmuştur.
- ✓ Düşük başlangıç riskine sahip olan bazı tehlikelerdeki risk değerlerinde değişim oranı yüksek olsa da, risk skor değeri sınırlı olabilmektedir.

Tüm bulgulara baktığımızda, risk skorlarına seviyelerinde göre alınan önlemlerle en yüksek iyileşme düzeyini göstermektedir. Risk skorlarındaki bu düşüşler, önlemlerin etkinliğini sayısal olarak ortaya koymaktadır. Bu bulgular, alınan mühendislik ve organizasyonel önlemlerin toz kaynaklı risklerin azaltılmasında doğrudan etkili olduğunu göstermektedir [97].

5.2. Çimento Fabrikalarında Üretim Aşamaları Toz Kaynaklı Risk Analizi

Çimento fabrikalarında yürütülen üretim süreçleri, mekanik ve termal işlemler nedeniyle yoğun miktarda toz oluşumuna neden olmaktadır. Özellikle kırma, öğütme, fırınlama ve taşıma gibi aşamalarda açığa çıkan ince toz partikülleri, hem çalışanlar

açısından sağlık riski oluşturmakta hem de çalışma ortamında güvenlik seviyesini düşürmektedir.

Çimento fabrikalarında üretim aşamalarına ait toz kaynaklı risk analizi için Elazığ, Diyarbakır ve Malatya illerinde faaliyet gösteren imento üretim tesislerinden elde edilen verilere göre oluşturulmuş, toz kaynaklı tehlikelere ilişkin ortak risk skorları sunulmuştur. Farklı tesislerden alınan risk analizi raporları birleştirilmiş ve en yüksekten düşüğe doğru sıralanarak belirlenen başlıklar altında hazırlanan ortak raporlar, tablo ve sütün grafikleri şeklinde görselleştirilmiştir. Tüm verilere dayanarak, imento üretim aşamalarını; farin değirmeni, döner fırın ve imento değirmenleri ve silolama aşamaları gibi üç başlıkta ele alarak farklı aşamalarında ortaya çıkan toz kaynaklı tehlikeler **Fine-Kinney yöntemi** ile analiz edilmiş; mevcut durumlar ve alınan önlemler ışığında risk skorları karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir.

5.2.1. Farin değirmeni üretim aşaması toz kaynaklı risk analizi

Farin değirmeni nitesi, imento üretim sürecinde hammaddenin yüksek devirli sistemlerde ğtlerek homojenleştirildiği kritik bir aşamadır. Bu işlem sırasında oluşan ince toz partikülleri, çalışma ortamına yayılmakta ve ciddi sağlık ve güvenlik risklerine neden olabilmektedir. Tablo 5.3'ten elde edilen verilere göre, bu bölümdeki toz riskleri üç alt başlık altında değerlendirilmiştir.

Tablo 5.3: Çimento Üretim Farin Değirmeni Aşaması Toz Kaynaklı Risk Değerlendirme Raporu

Çimento Üretim Farin Değirmeni Aşamasında Toz Kaynaklı Risk Değerlendirme Raporu																
TEHLİKE	RU TİN		RİSK TANIMI (ZARAR-ETKİ)	MEVCUT DURUM	KİMLER ETKİLENE BİLİR	RİSK DEĞERLENDİRME					ALINMASI GEREKEN TEDBİR/ PLANLANAN FAALİYETLER / ÖNERİLER		RİSK DEĞERLENDİRME			
	E	H				OLASILIK	FREKANS	ŞİDDET	R. SKOR	RİSK SINIFI	YASAL ŞART	ÖNERİLER	OLASILIK	FREKANS	ŞİDDET	DOF. SONRAKİ RİSK SKOR
1. Tozlu ortam	E		Göz ve solunum rahatsızlıkları	Genel ünite kontrolü - Temizlik	Operatörler, çevredeki çalışanlar	3	3	40	360	ES.R	İş Ekipmanları ve Ergonomi Yönetmeliği	Toz bastırma sistemleri, kapalı kabinli makineler / Yükleme alanının sık sık sulanması, düşük hızda çalışma	1	3	40	120
2. Yanıcı tozun askıda kalması	E		Toz patlaması ile yaralanma, yangın veya ölüm	Alanlarda temizliğe dikkat ediliyor fakat antistatik önlem yok	Tesis çalışanları	3	2	40	240	ES.R	Toz Yönetmeliği	Antistatik yüzeyler, topraklama sistemleri, ortam toz konsantrasyonu izleme	1	2	40	80
3. Elektrik panolarında toz birikmesi	E		Elektrik aksamında yangın riski	Pano temizlikleri düzensiz, sızdırmazlık yeterli değil.	Tesis çalışanları	3	2	40	240	ES.R	Toz yönetmeliği	Pano izolasyonu, filtreli kabin, sıcaklık/duman dedektörü kurulumu	1	2	40	80
4. Tozun ciltle teması	E		Deri tahrişi, alerjik reaksiyonlar, dermatit	Eldiven kullanımı var fakat iş elbisesi standardı yok	Tesis çalışanları	3	2	40	240	ES.R	Toz yönetmeliği	Antistatik iş kıyafeti, eldiven kullanımı zorunluluğu, duş imkanlarının artırılması	1	2	40	80
5. Tozlu ortam	E		Göz ve solunum rahatsızlıkları	Mal taşımalarının tesbit ve önlenmesi	Tesis çalışanları	3	3	15	135	ÖN.R	Toz yönetmeliği	Toz toplama filtre sistemleri, maskeler/ Filtre sistemlerinin düzenli bakımı,	1	2	15	30
6. İnce toz silika oluşumu	E		Tozun solunması sonucu çalışanlarda silikozis KOAH gibi hastalıklar	Maske kullanımı düşük; lokal havalandırma sınırlı	Tesis çalışanları	3	6	7	126	ÖN.R	Toz yönetmeliği	FFP3 maske zorunluluğu, gelişmiş havalandırma sistemleri, kapalı sistem, düzenli sağlık kontrolleri	1	3	7	21

i. Hammaddenin kırılarak öğütülmesi sırasında oluşan ince partiküller

Öğütme işlemi sırasında oluşan yüksek miktardaki toz, doğrudan operatörlerin göz ve solunum yollarını etkileyerek rahatsızlıklara yol açmaktadır. Ünite temizliği yapılmakta olsa da, tozun tamamen kontrol altına alınamadığı görülmektedir. Risk skoru 360 olarak değerlendirilmiş ve bu durum “Esaslı Risk (ES.R.)” sınıfına alınmıştır. Düşük hızda çalışma, alanın düzenli sulanması ve kapalı kabinli makinelerin kullanılması gibi önlemlerle risk 120 puana düşürülmüştür.

ii. Bantlı konveyör sistemlerinden atmosfere yayılan tozlar

Farin taşıma işlemleri sırasında kullanılan konveyör bant sistemleri, yeterli izolasyon sağlanmadığında tozun çevreye yayılmasına neden olmaktadır. Özellikle antistatik önlemlerin alınmaması, askıda kalan toz partiküllerinin patlama riski yaratmasına sebep olmaktadır. Bu durum için belirlenen 240 risk puanı, antistatik yüzey uygulamaları, topraklama sistemleri ve ortam toz konsantrasyonunun izlenmesiyle 80 puana indirilmiştir.

iii. Kapalı sistem eksikliklerinden kaynaklı sızıntılar

Kapalı devre sistemlerdeki bağlantı noktaları ve filtre ünitelerinde gözlemlenen yetersizlikler, ince toz sızıntılarına neden olmakta ve özellikle elektrik panolarında birikme yoluyla yangın riskini artırmaktadır. Ayrıca, silika içeren tozların solunması durumunda uzun vadede KOAH ve silikozis gibi ciddi meslek hastalıkları ortaya çıkabilmektedir. Pano izolasyonu, filtreli kabin kullanımı ve FFP3 maske zorunluluğu gibi uygulamalar sayesinde riskler önemli ölçüde azaltılmış, 126 puanlık risk değeri 21 puana kadar düşürülmüştür.

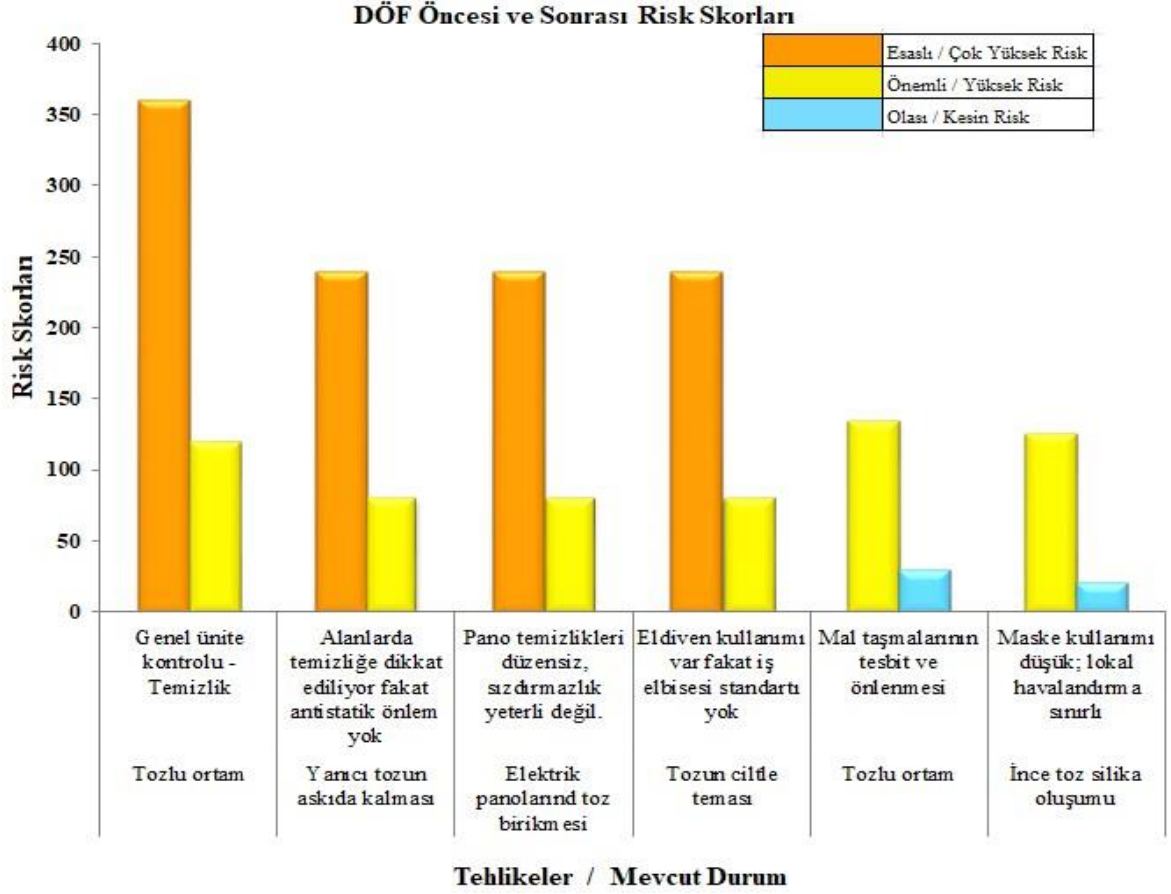
Genel olarak, alınan önlemlerin etkili olduğunu; Farin değirmeni bölümünde tozun kontrol altına alınabilmesi için; kapalı sistemlerin sızdırmazlık düzeylerinin artırılması, konveyör sistemlerinin filtrelerle desteklenmesi ve kişisel koruyucu donanımların etkin biçimde kullanılması gerekmektedir. Bu sayede hem çalışan sağlığı korunmakta hem de üretim ortamında güvenli bir çalışma standardı oluşturulmaktadır.

5.2.1.1. Farin değirmeni üretim aşamasına ait risk skorlarına göre değerlendirilmesi

Çimento üretim aşamalarından ilki olan Farin değirmeni sürecinde oluşan toz maruziyetine ilişkin tehlikeler, Fine-Kinney yöntemiyle analiz edilmiştir. Grafikselsel olarak sunulan Tablo 5.4'te, her bir tehlike için DÖF (Düzeltici Önleyici Faaliyet) öncesi ve sonrası risk skorları

karşılaştırılmıştır. Özellikle en yüksek risk skoru ve DÖF sonrası en belirgin düşüş gösteren tehlikeler aşağıdaki gibi değerlendirilmiştir:

Tablo 5.4: Farin Değirmeni Üretim Aşamalarında Toz Kaynaklı DÖF'e Göre Risk Skorları



Genel ünite kontrolü ve temizlik eksikliği (Tozlu ortam)

- ✚ DÖF öncesi risk / DÖF sonrası risk skoru: 360 → 120
- ✚ Risk sınıfı değişimi: Esaslı risk → Önemli risk
- ✚ Toplam düşüş: 240 puan (% 66.7 azalma)

Pano temizliklerinde sızdırmazlık yetersizliği (Elektrik panolarında toz birikmesi)

- ✚ DÖF öncesi risk / DÖF sonrası risk skoru: 240 → 80
- ✚ Risk sınıfı değişimi: Esaslı risk → Önemli risk
- ✚ Toplam düşüş: 160 puan (% 66.7 azalma)

Eldiven kullanımı var fakat iş elbisesi standardı yok (Tozun ciltle teması)

- ✚ DÖF öncesi risk / DÖF sonrası risk skoru: 240 → 80
- ✚ Risk sınıfı değişimi: Esaslı risk → Önemli risk
- ✚ Toplam düşüş: 160 puan (% 66.7 azalma)

Maske kullanımı düşük; lokal havalandırma sınırlı (İnce toz silika oluşumu)

- ✚ DÖF öncesi risk / DÖF sonrası risk skoru: 126 → 21
- ✚ Risk sınıfı değişimi: Önemli risk → Olası risk
- ✚ Toplam düşüş: 105 puan (% 83,3 azalma)

Tablo 5.4'e göre bulguları genel olarak değerlendirdiğimizde;

- ✓ Farin değirmeni ortamı, yüksek düzeyde toz oluşumu nedeniyle hem solunum yolları hastalıkları hem de cilt teması kaynaklı riskler taşımaktadır.
- ✓ En yüksek risk “tozlu ortam ve temizlik eksikliği” olup, düzenli kontrol ve temizliğin yapılmaması 360 risk puanı ile tespit edilmiştir.
- ✓ Elektrik panolarındaki toz birikmesi yangın ve kısa devre gibi ikincil riskleri tetiklemektedir; alınan sızdırmazlık önlemleri ile bu risk %65 oranında azaltılmıştır.
- ✓ KKD kullanımı var olsa da standartlara uygun olmayan iş kıyafetlerinin değiştirilmesi ile cilt teması riski % 66,7 oranında düşürülmüştür.
- ✓ Lokal havalandırma sistemlerinin sınırlı etkisine rağmen, düşük riskli alanlarda dahi önleyici tedbirlerle “kabul edilebilir” seviyelere inme sağlanmıştır.

Tüm bulgulara baktığımızda, risk skorlarına seviyelerinde göre alınan önlemlerle en yüksek iyileşme düzeyini göstermektedir. Risk skorlarındaki bu düşüşler, önlemlerin etkinliğini sayısal olarak ortaya koymaktadır. Farin değirmeni ortamında hem çalışan sağlığı hem de ekipman güvenliği açısından kritik öneme sahiptir. Uygulanan DÖF kapsamında, temizlik süreçlerinin disipline edilmesi, uygun KKD sağlanması ve elektrik pano izolasyonlarının artırılması, risk seviyelerinde belirgin bir azalma sağlamıştır.

Bu bulgular, farin değirmeni gibi kapalı ve toz birikimi yüksek süreçlerde sistematik temizlik, KKD kontrolü ve havalandırma stratejisinin hayati önemini ortaya koymaktadır [98], [99].

5.2.2. Döner fırın üretim aşaması toz kaynaklı risk analizi

Döner fırın ünitesi, çimento üretiminin en yüksek sıcaklıklarda gerçekleşen aşamasıdır. Bu bölümde yürütülen işlemler sırasında hem ısı hem de mekanik etkenlerle yoğun miktarda toz oluşumu gözlemlenmektedir. İnce partiküller, siklon tıkanması, patlayıcı toz birikimi ve gözle görülmeyen silika maruziyeti gibi çeşitli şekillerde ortaya çıkmakta; çalışan sağlığını, proses güvenliğini ve ekipman ömrünü doğrudan etkilemektedir. Tablo 5.5'e göre analiz edilen başlıca toz kaynaklı riskler aşağıdaki başlık altında değerlendirilmiştir.

Tablo 5.5: Çimento Üretimi Döner Fırın Aşamasında Toz Kaynaklı Risk Değerlendirme Raporu

Çimento Üretimi Döner Fırın Aşamasında Toz Kaynaklı Risk Değerlendirme Raporu																
TEHLİKE	RUT İN		RİSK TANIMI (ZARAR-ETKİ)	MEVCUT DURUM	KİMLER ETKİLENE BİLİR	RİSK DEĞERLENDİRME					ALINMASI GEREKEN TEDBİR/ PLANLANAN FAALİYETLER / ÖNERİLER		RİSK DEĞERLENDİRME			
	E	H				OLASILIK	FREKANS	ŞİDDET	R. SKOR	RİSK SINIFI	YASAL ŞART	ÖNERİLER	OLASILIK	FREKANS	ŞİDDET	DOF. SONRASI RİSK SKOR
1. Tozlu ortam	E		Solunum rahatsızlığı	Siklon tıkanması sonucunda siklonun açılması	Tesis çalışanları	3	3	40	360	ES. R	KKD İşyerlerinde kullanılması hakkında yönetmelik	Emişler açık ve kuvvetli tutulur. Siklon açma talimatı	1	2	40	80
2. Fırın çıkış noktalarında toz birikimi	E		Toz patlaması riski	Atex bölgesi tamamlanmış, fakat eksik faaliyetler var.	Tesis çalışanları	6	3	15	270	ES. R	Atex yönetmeliği	Antistatik ekipman kullanılmalı. Patlayıcı toz dedektörleri kullanılmalı. Atex yönetmeliğine uyum sağlanmalı.	3	2	15	90
3. Zemin ve araç gereçlerde toz birikimi	E		Düşme, kayma, yaranama	Temizlik var ama tertip eksikliği var	Tesis Çalışanları	6	6	7	252	ES. R	İş hijyeni ölçüm, test ve analiz laboratuvarları hakkında yönetmelik	Temizlik çizelge haline getirilmeli ve toz kontrol prosedürü yazılı hale getirilmeli.	3	3	7	63
4. Tozlu ortam	E		Solunum rahatsızlığı	Kovalı bant temizlik kontrol	Tesis çalışanları	3	2	40	240	ES. R	KKD İşyerlerinde kullanılması hakkında yönetmelik	KKD kullanılmaktadır. Kişisel koruyucu ekipman kullanım talimatı	1	2	40	80
5. Klinker tozu	E		Gözde hasar	Alev borusu yerine konulurken fırın içinde yerleşim ayarları	Tesis çalışanları	3	2	40	240	ES. R	KKD İşyerlerinde kullanılması hakkında yönetmelik	KKD gözlük veya tamyüz maskesi kullanılmalı	1	2	40	80
6. Farin - klinker tozu	E		Cilt, solunum, göğüs ve göz rahatsızlıkları	Soğutma ve siklonlarda tuğlası değişecek bölgenin sökülmesi, temizliği	Tesis çalışanları	6	2	15	180	Ö. N. R	KKD İşyerlerinde kullanılması hakkında yönetmelik	Eke talimatı, işe özgü ekipman seçimi, işe özgü kkd seçimi, kkd talimatı	1	2	15	30
7. Göze toz kaçması	E		Göz rahatsızlıkları	Ortamda çalışılma - ortam kontrolü	Tesis çalışanları	3	2	15	90	Ö. N. R	İşyeri bina ve eklentilerinde alınacak sağlık ve güvenlik önlemlerine ilişkin yönetmelik	Göz duşu bulundurulması	1	1	15	15

i. Ön ısıtıcı kulelerinden taşınan sıcak gaz ve toz birikimi

Siklonlardan çıkan sıcak gazlarla birlikte taşınan toz partikülleri, özellikle tozlu ortam koşullarını ağırlaştırmakta ve siklon tıkanmalarına yol açarak prosesin sürekliliğini tehdit etmektedir. Bu durum, çalışanlarda solunum problemleri oluşturmakta ve müdahale gerektiren bakım işlemleri sırasında risk oluşturmaktadır. Risk skoru 360 olarak belirlenmiş ve bu durum Esaslı risk (ES.R.) sınıfına alınmıştır. Uygulanan emiş sistemleri, açık havalandırma ve siklon açma talimatları ile risk 80 puana kadar düşürülmüştür.

ii. Kalsinasyon aşamasında oluşan ince parçacıklar ve klinker tozu

Yüksek sıcaklıkta gerçekleşen kalsinasyon sürecinde oluşan ince partiküller, özellikle fırın çıkış noktalarında ve klinker transfer hatlarında birikme eğilimindedir. Bu tozların patlayıcı özellik taşıması, çalışma ortamında atex direktiflerine uygun ekipman kullanımını zorunlu kılmaktadır. Bu kapsamda fırın çıkışındaki toz birikimi için risk skoru 270, klinker tozu kaynaklı göz hasarı riski için 240 puan olarak hesaplanmıştır. Antistatik donanım, patlayıcı toz dedektörü ve KKD gözlük kullanımı ile bu riskler sırasıyla 90 ve 80 puana düşürülmüştür.

iii. Yakıt besleme alanında oluşan toz birikimi

Yakıt besleme noktalarında kullanılan kömür ve petrokok gibi tozlu malzemeler, bant temizliği ve hava sirkülasyonu yetersiz olduğunda ortama yayılmakta ve maruziyeti artırmaktadır. Risk puanı 252 olarak belirlenmiş, bu değer alınan önlemlerle 63 puana kadar düşürülmüştür. KKD kullanımı, kişisel hijyen uygulamaları ve temizlik çizelgesi gibi organizasyonel önlemler bu düşüşte etkili olmuştur.

iv. Fırın-homojenizasyon geçiş alanlarında silika maruziyeti

Fırın çıkışı ile farin-klinker geçiş bölgelerinde oluşan ince silika tozları, uzun süreli maruziyette cilt, göz ve solunum yollarında kronik hastalıklara yol açabilmektedir. Risk skoru 180 puan olup, alınan filtreli maske zorunluluğu, bölge sınırlaması ve özel temizlik ekipmanı desteği ile 30–40 puan bandına çekilmiştir.

v. Ortama dağılmış gözle görülmeyen tozların göz sağlığı üzerindeki etkisi

Çalışma ortamında gözle görülemeyecek düzeydeki tozlar, çalışanların göz rahatsızlıkları yaşamasına neden olmaktadır. Bu tür tehlikeler için önleyici göz duşu ekipmanı bulundurulması, ortamın sürekli izlenmesi gibi uygulamalarla 90 puanlık başlangıç riski 15 puana kadar düşürülmüştür.

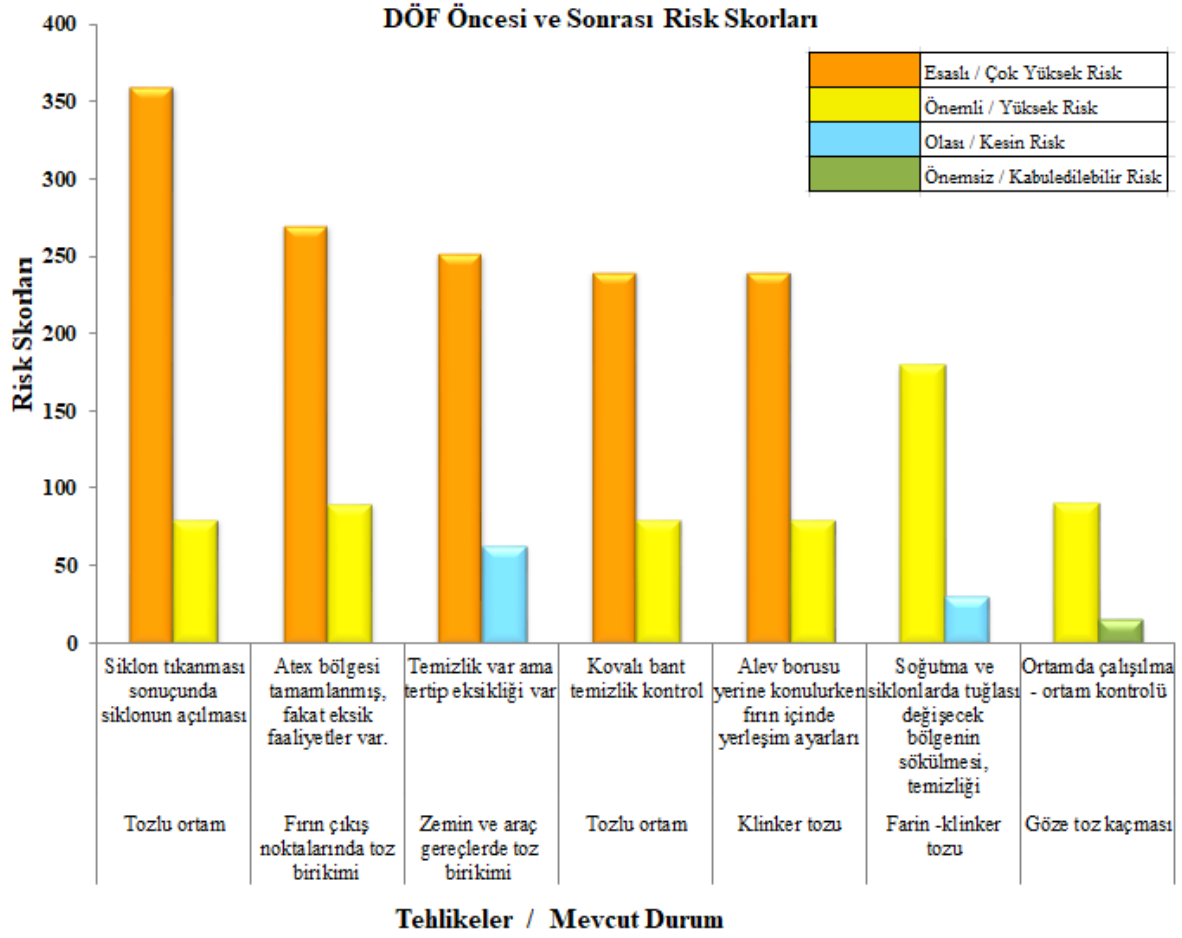
Genel olarak, alınan önlemlerin etkili olduğunu; Döner fırın ünitesinde gerçekleştirilen Fine-Kinney analiz sonuçlarına göre, toz kaynaklı en yüksek risklerin sıcak gazla taşınan partiküller, patlayıcı toz birikimleri ve silika maruziyeti olduğu görülmektedir. Bu tür risklerin önlenmesinde yalnızca teknik mühendislik kontrolleri değil; aynı zamanda çalışan eğitimi, KKD kullanımı ve bakım-temizlik disiplininin sürekliliği de belirleyici olmaktadır. Düzeltici önlemlerin zamanında ve eksiksiz uygulanması hâlinde, yüksek risk sınıfındaki tehlikeler “orta” ve “önemsiz” seviyelere indirilebilmektedir. Bu sayede hem çalışan sağlığı korunmakta hem de üretim ortamında güvenli bir çalışma standardı oluşturulmaktadır.

5.2.2.1. Döner fırın üretim aşaması risk skorlarına göre değerlendirilmesi

Döner fırınlar, çimento üretiminin pişirme aşamasında kullanılan ve yüksek sıcaklıkta çalışan sistemlerdir. Bu süreçte, özellikle fırın çıkışında, siklon, alev borusu ve kontraksiyon sistemleri gibi alanlarda ciddi miktarda toz oluşumu gözlenmektedir. Oluşan tozlar; çalışan sağlığı, ekipman güvenliği ve üretim ortamı açısından çeşitli tehlikelere yol açmaktadır.

Yapılan saha gözlemleri ve Fine-Kinney yöntemi ile gerçekleştirilen analizler sonucunda, en belirgin toz kaynaklarının siklon tıkanmaları, temizlik yetersizlikleri, kontraksiyon ayarları ve ortam kontrol eksiklikleri olduğu tespit edilmiştir. Tablo 5.6’da tehlike kaynaklarına ilişkin mevcut durumlar ve risk skorlarına göre değerlendirilmiştir.

Tablo 5.6: Döner Fırın Üretim Aşamalarında Toz Kaynaklı DÖF'e Göre Risk Skorları



Risk analizinde en yüksek puana sahip dört tehlike aşağıda sayısal karşılaştırmalarıyla birlikte sunulmuştur:

Siklon tıkanması sonucu siklonun açılması (Tozlu ortam):

- ✚ DÖF öncesi risk / DÖF sonrası risk skoru: 360 → 80
- ✚ Risk sınıfı değişimi: Esaslı risk → Önemli risk
- ✚ Toplam düşüş: 280 puan (% 77.8 azalma)

Atex bölgesi eksikliği (Fırın çıkışı toz birikimi):

- ✚ DÖF öncesi risk / DÖF sonrası risk skoru: 270 → 90
- ✚ Risk sınıfı değişimi: Esaslı risk → Önemli risk
- ✚ Toplam düşüş: 180 puan (% 66.7 azalma)

Kovalı bantlarda toz birikimi ve yetersiz temizlik:

- ✚ DÖF öncesi risk / DÖF sonrası risk skoru: 240 → 80
- ✚ Risk sınıfı değişimi: Esaslı risk → Önemli risk
- ✚ Toplam düşüş: 160 puan (% 66.7 azalma)

Ortamda çalışılma-ortam kontrolü (Göze toz kaçması):

- ✚ DÖF öncesi risk / DÖF sonrası risk skoru: 90 → 15
- ✚ Risk sınıfı değişimi: Önemli risk → Olası risk
- ✚ Toplam düşüş: 75 puan (% 83,3 azalma)

Yukarıdaki veriler, alınan önlemlerin (düzenli temizlik, sistemsel iyileştirme, havalandırma ve KKD kullanımı) toz kaynaklı riskleri azaltmada oldukça etkili olduğunu göstermektedir.

Tablo 5.6'e göre bulguları genel olarak değerlendirdiğimizde;

- ✓ En yüksek risk, siklonların açılması sırasında tozun ortama yayılmasıyla oluşmuştur. DÖF sonrası alınan önlemlerle bu risk %70'e yakın oranda azaltılmıştır.
- ✓ Atex bölgesi uygulamalarının eksik olması, fırın çıkışındaki toz birikimini artırmış; bu durum, yangın ve patlama riskini yükseltmiştir. Atex standartlarına uygun hale getirme çalışmaları riski %68 oranında düşürmüştür.
- ✓ Kovalı bantlarda kontrol eksikliği tozun yatay taşınmasını artırmış, temizlik periyotlarının sıklaştırılması bu riski %63 oranında azaltmıştır.
- ✓ Konutrekon sistemlerinin fırın içinde yanlış konumlandırılması, klinker tozunun yayılmasını artırmış; sistemsel düzenleme ile bu durum büyük ölçüde kontrol altına alınmıştır.

Bu bulgular, hem mühendislik kontrollerinin hem de organizasyonel önlemlerin birlikte uygulanmasının etkili bir risk azaltma stratejisi olduğunu ortaya koymuştur [98] [100].

5.2.3. Çimento değirmi ve silolama aşaması toz kaynaklı risk analizi

Çimento değirmi ve silolama süreçleri, çimento üretiminin son aşamasını oluşturmaktadır. Bu süreçte, öğütme, depolama ve dolum işlemleri sırasında açığa çıkan toz partikülleri hem çalışanlar hem de çevresel güvenlik açısından önemli riskler doğurmaktadır. Tablo 5.7'e yer alan analiz sonuçlarına göre, bu aşamada tespit edilen başlıca toz kaynaklı tehlikeler aşağıdaki başlıklar altında değerlendirilmiştir.



Tablo 5.7: Çimento Üretimi Çimento Değirmeni ve Silolama Aşamasında Toz Kaynaklı Risk Değerlendirme Raporu

Çimento Üretiminde Çimento Değirmeni ve Silolarda Toz Kaynaklı Risk Değerlendirme Raporu																
TEHLİKE	RU	RİSK TANIMI (ZARAR-ETKİ)	MEVCUT DURUM	KİMLER ETKİLENE BİLİR	RİSK DEĞERLENDİRME					ALINMASI GEREKEN TEDBİR/ PLANLANAN FAALİYETLER / ÖNERİLER		RİSK DEĞERLENDİRME				
	E				H	OLASILIK	FREKANS	ŞİDDET	R. SKOR	RİSK SINIFI	YASAL ŞART	ÖNERİLER	OLASILIK	FREKANS	ŞİDDET	DOF. SONRAS RİSK SKOR
1. Tozun birikerek yanıcı ortam oluşturma sı	E	Yangın ve patlama riski	Temizlik aralıklı yapılıyor bazı bölgelerde toz birikimi gözleniyor.	Ünite Çalışanları	6	2	40	480	F R	Toz Yönetmeliği	Kapalı alan giriş prosedürü oluşturulmalı, havalandırma sağlanmalı, içeri girmeden toz seviyesi ölçülmeli spotter eşliğinde giriş yapılmalı.	3	1	40	120	
2. Toz bulutu oluşması	E	Patlama riski yoğun maruziyet	Silo havalandırması ve filtreleme yetersiz	Ünite Çalışanları	3	3	40	360	ES. R	Toz Yönetmeliği	Jet filtre uygulanmalı, kapalı sistem dolum yapılmalı, toz ölçüm cihazları kullanılmalı.	3	1	40	120	
3. Tozlu ortam	E	Hava kirliliği	Ürün değişikliği nedeniyle tras veya kalker bunkerinin boşaltılması	Ünite çalışanları	3	3	40	360	ES. R	KKD Yönetmeliği	Toz maskesi, lokal havalandırma, bunker temizliği sırasında toz bastırıcı sistem KKD kullanımı	3	1	40	120	
4. Tozlu ortam	E	Hava kirliliği	Çimento değirmenlerinde klepe kaçakları	Ünite çalışanları	3	3	40	360	ES. R	Toz Yönetmeliği	Toz maskesi, lokal havalandırma, bunker temizliği sırasında toz bastırıcı sistem KKD kullanımı	1	2	40	80	
5. İnce çimento tozunun atmosfere yayılması	E	Solunum yolları hastalıkları, çalışan sağlığı riski	Aspirasyon sistemi var ama yetersiz bazı noktalar açıktakalmış	Ünite Çalışanları	6	3	15	270	ES. R	Toz Yönetmeliği	Aspirasyon sistemi yenilenmeli, kapalı sistem kurulmalı, çalışanlara toz maskesi (FFP2 / FFP3) zorunlu olmalı.	1	2	15	30	
6. Sıcak toz	E	yanma, yaralanma	Havalı bant tıkanıklığı ve temizliği	Ünite çalışanları	3	2	40	240	ES. R	Toz Yönetmeliği	Sıcak çalışma talimatı, KKD kullanımı, alan çevresinin sınırlandırılması	1	2	40	80	
7. Tozlu Ortam	E	Meslek Hastalıkları	3-4 Nolu Çimento Değirmenlerinde Ürün Değişikliğini Sağlayan Ayrım Klepe Kaçakları	Ünite çalışanları	3	1	40	120	ÖN. R	Toz Yönetmeliği	Toz maskesi, lokal havalandırma, bunker temizliği sırasında toz bastırıcı sistem KKD kullanımı	1	1	40	40	

i. Klinkerin öğütülmesi sürecinde oluşan çimento tozları

Klinkerin ince öğütülmesi sırasında ortaya çıkan yüksek miktardaki toz, özellikle kapalı sistem eksiklikleri ve temizlik aralıklarının yetersizliği nedeniyle sistem içerisinde birikmekte ve yanıcı ortam oluşumuna yol açmaktadır. Bu durum, yangın ve patlama riski açısından oldukça kritiktir. Risk skoru 480 olarak belirlenmiş ve bu durum “Felaket Risk” sınıfında değerlendirilmiştir. Kapalı alan giriş prosedürü, spotter eşliğinde denetimli giriş ve havalandırma sistemlerinin iyileştirilmesiyle birlikte risk değeri 120 puana düşürülmüştür.

ii. Paketleme makinelerinde torbalama sırasında yayılan ince tozlar

Torbalama makineleri, dolum sırasında ortaya çıkan ince partiküllerin çalışma ortamına yayılmasına neden olmaktadır. Jet filtrelerin yetersiz çalışması ve sızdırmazlık eksiklikleri bu riski artırmaktadır. Patlayıcı toz oluşumu ve solunum yolu maruziyeti bu aşamada ön plana çıkan risk türleridir. Yapılan değerlendirmede risk skoru 360 olarak saptanmış; filtre sistemlerinin yenilenmesi, kapalı sistem dolum ve toz izleme cihazlarının kullanılması ile bu değer 120 puana düşürülmüştür.

iii. Silolardan dolum esnasında oluşan emisyonlar

Silolardan dolum yapılırken, özellikle açık transfer noktalarında havaya yayılan ince toz bulutları çevresel emisyonlara neden olmakta ve çalışanlar üzerinde doğrudan etkiler oluşturmaktadır. Risk skoru 360 olarak belirlenmiş ve alınan önlemler arasında bunker temizliği, lokal havalandırma, toz bastırıcı sistemler ve KKD kullanımı yer almıştır. Bu önlemler sayesinde risk puanı 120 seviyesine indirilebilmiştir.

iv. İnce çimento tozunun atmosfere yayılması ve solunması

Silolardaki aspirasyon sistemlerinin yetersizliği ve ortamın sürekli olarak toz birikimine maruz kalması sonucu, özellikle solunabilir boyuttaki çimento tozları çalışan sağlığını tehdit etmektedir. Uzun süreli maruziyet, solunum yolu hastalıkları ve meslek hastalıklarına zemin hazırlamaktadır. Risk değeri 270 olarak hesaplanmış, FFP2/FFP3 maske zorunluluğu, sistem yenilemesi ve çevresel filtreler sayesinde bu risk 30 puana düşürülmüştür.

v. Sıcak toz ve bant sistemlerinden kaynaklanan ek riskler

Bant sistemlerinde tıkanıklık, aşırı ısınma veya temizlik eksikliği sıcak toz birikimine yol açmakta; bu da yanma ve yaralanma risklerini beraberinde getirmektedir. Risk skoru 240, alınan KKD önlemleri ve sıcak bölge sınırlamaları sayesinde 80 puana kadar düşürülmüştür.

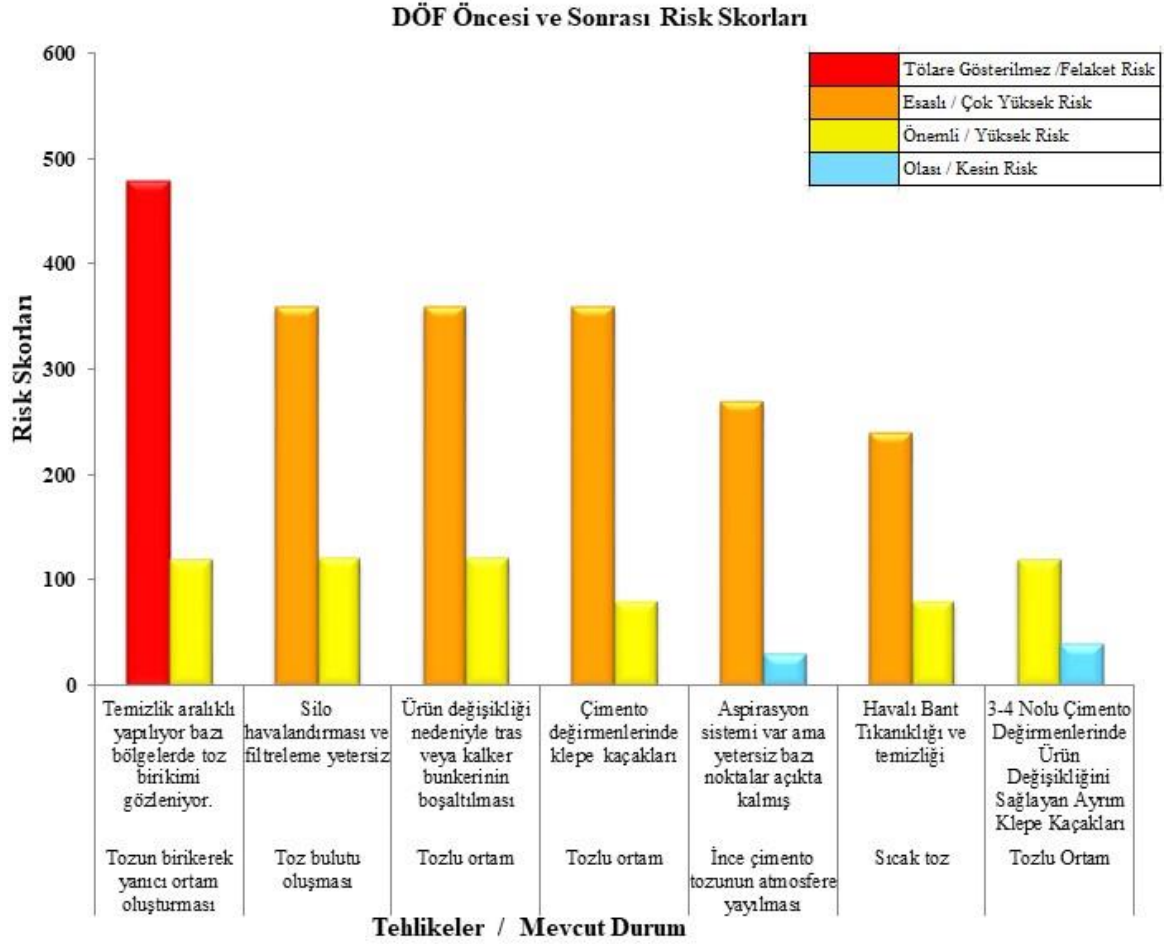
Genel olarak, alınan önlemlerin etkili olduğunu; çimento değirmeni ve silolama aşamasında en yüksek risklerin, sistem içi toz birikimi, kapalı devre eksiklikleri ve filtrasyon yetersizliklerinden kaynaklandığı tespit edilmiştir. Bu tür risklerin önlenmesinde yalnızca teknik mühendislik kontrolleri değil; aynı zamanda çalışan eğitimi, KKD kullanımı ve bakım-temizlik disiplininin sürekliliği de belirleyici olmaktadır. Uygulanan düzeltici önlemler (DÖF) sayesinde “Felaket risk” düzeyinden “Önemli risk ” ve “Olası risk” seviyelere doğru önemli iyileştirmeler sağlanmıştır. Bu sonuç, iş sağlığı ve güvenliği kapsamında hem teknik sistem yatırımlarının hem de organizasyonel önlemlerin birlikte uygulanmasının gerekliliğini ortaya koymaktadır. Bu sayede hem çalışan sağlığı korunmakta hem de üretim ortamında güvenli bir çalışma standardı oluşturulmaktadır.

5.2.3.1. Çimento değirmeni ve silolama aşamaları risk skorları değerlendirilmesi

Çimento değirmeni ve silolama süreçleri, çimento üretiminde ürünün son halini aldığı, ancak yoğun toz oluşumunun gözlendiği aşamalardır. Özellikle değirmen içi taşımalar, ürün geçişleri, silo dolumları ve torbalama işlemleri sırasında oluşan çimento tozu, çalışanlar açısından solunabilir partikül maruziyetine ve ekipman güvenliğinde arızalara neden olabilmektedir.

Fine-Kinney yöntemi kullanılarak yapılan risk analizleri sonucunda, bu üretim hattında özellikle temizlik sıklığı, filtrasyon sistemleri, kapak sızdırmazlıkları ve aspirasyon altyapısındaki eksiklikler temel tehlike kaynakları olarak belirlenmiştir. Tespit edilen mevcut durumlar ve buna karşı alınan DÖF’lerin etkisi Tablo 5.8’de gösterilmiştir.

Tablo 5.8: Çimento Değirmeni ve Silolama Aşamalarında Toz Kaynaklı DÖF'e Göre Risk Skorları



Yapılan analizde, aşağıdaki tehlikelere baktığımızda, DÖF sonrası belirgin azalma göstermiştir:

Temizlik aralıklarının uzun olması (Tozun birikerek yanıcı ortam oluşturması)

- ✚ DÖF öncesi risk / DÖF sonrası risk skoru: 480 → 120
- ✚ Risk sınıfı değişimi: Felaket risk → Önemli risk
- ✚ Toplam düşüş: 360 puan (% 75 azalma)

Silo havalandırmasının ve filtrasyonun yetersizliği

- ✚ DÖF öncesi risk / DÖF sonrası risk skoru: 360 → 120
- ✚ Risk sınıfı değişimi: Esaslı risk → Önemli risk
- ✚ Toplam düşüş: 240 puan (% 66,7 azalma)

Çimento değirmenlerinde klepe kaçakları

- ✚ DÖF öncesi risk / DÖF sonrası risk skoru: 360 → 80
- ✚ Risk sınıfı değişimi: Esaslı risk → Önemli risk
- ✚ Toplam düşüş: 280 puan (% 83,3 azalma)

Ürün değişimi sırasında tras ve kalker boşaltılması sırasında yayılan toz

- ✚ DÖF öncesi risk / DÖF sonrası risk skoru: 360 → 120
- ✚ Risk sınıfı değişimi: Esaslı risk → Önemli risk
- ✚ Toplam düşüş: 240 puan (% 66,7 azalma)

Yukarıdaki veriler, alınan önlemlerin hem teknik altyapıyı geliştirdiğini hem de organizasyonel disiplini artırdığını göstermektedir.

Tablo 5.8'e göre bulguları genel olarak değerlendirdiğimizde;

- ✓ En yüksek risk skoru, temizlik yetersizliği nedeniyle biriken tozların yanıcı ortam oluşturması tehlikesinden kaynaklanmıştır. Düzenli temizlik çizelgeleriyle bu risk %75 oranında azaltılmıştır.
- ✓ Silo filtrasyon sistemleri, önceki hâliyle toz kontrolünde yetersiz kalmış; yapılan sistem değişiklikleriyle emisyonlar düşürülmüş ve skor 360'tan 120'ye çekilmiştir.
- ✓ Klepe kaçakları, çimento değirmenlerinde yaygın görülen bir sorun olup, yapılan conta iyileştirmeleri ve izolasyon uygulamalarıyla bu risk %83,3 oranında azaltılmıştır.
- ✓ Ürün geçişi sırasında yayılan toz ise, bunker geçişlerinin kontrollü yapılması ve proses geçiş sistemlerinin otomatikleştirilmesiyle %66,7 oranında düşürülmüştür.

Bu bulgular, risk skorlarına seviyelerinde göre alınan önlemlerle yüksek iyileşme düzeyini göstermektedir. Risk skorlarındaki bu düşüşler, önlemlerin etkinliğini sayısal olarak ortaya koymaktadır. Toz kontrolünün sistematik yönetimiyle birlikte, risklerin azaltılabileceğini net biçimde ortaya koymaktadır [98], [101].

5.3. Hazır Beton Santralleri Toz Kaynaklı Risk Analizi

Hazır beton santrallerinde gerçekleştirilen faaliyetlerin doğası gereği, toz emisyonları iş sağlığı ve güvenliği açısından ciddi riskler oluşturmaktadır. Üretim faaliyetleri sırasında oluşan toz kaynaklı tehlikelerin iş sağlığı ve güvenliği (İSG) açısından değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Elazığ, Malatya ve Diyarbakır illerinde yer alan üç farklı hazır beton üretim tesisinden elde edilen saha verileri doğrultusunda, **Fine-Kinney risk değerlendirme yöntemi** kullanılarak ortak risk skorları belirlenmiştir. Özellikle agrega aktarımı, çimento besleme, karıştırma ve sevkiyat süreçlerinde ortaya çıkan toz emisyonlarının, hem çalışan sağlığı hem de çevresel güvenlik açısından tehdit oluşturduğu görülmüştür. Raporda mevcut durumlardaki tehlikeler ve bu tehlikelere karşı alınması gereken önlemler analiz edilmiştir.

Tablo 5.9'da yer alan veriler, bu üretim süreçlerinde toplam yedi farklı tehlike tanımlandığını ve bu tehlikelere ilişkin risklerin olasılık, frekans ve şiddet değerlerine göre sınıflandırıldığını göstermektedir. Analiz sonuçlarına göre, özellikle **agrega boşaltımı, araç hareketleri, torbalı çimento kullanımı ve mikser dolumu** gibi işlemler, yüksek risk skoru ile ön plana çıkmıştır. Uygulanan **düzeltilici ve önleyici faaliyetler (DÖF)** sayesinde bu risklerin önemli ölçüde azaltıldığı belirlenmiştir.

Tablo 5.9: Hazır Beton Santralleri Üretim Aşamasında Toz Kaynaklı Risk Değerlendirme Raporu

Hazır Beton Santralinde Toz Kaynaklı Risk Değerlendirme Raporu																
TEHLİKE	RUT İN		RİSK TANIMI (ZARAR-ETKİ)	MEVCUT DURUM	KİMLER ETKİLENE BİLİR	RİSK DEĞERLENDİRME					ALINMASI GEREKEN TEDBİR/ PLANLANAN FAALİYETLER / ÖNERİLER		RİSK DEĞERLENDİRME			
	E	H				OLASILIK	FREKANS	ŞİDDET	R. SKOR	RİSK SINIFI	YASAL ŞART	ÖNERİLER	OLASILIK	FREKANS	ŞİDDET	DOF. SONRASI RİSK SKOR
1. Toz oluşumu	E		Solunum yolu hastalıkları, göz tahrişi	Agrega boşaltma ve aktarımı	İdari personel ve çalışanlar	3	3	40	360	ES.R.	Toz yönetmeliği	Sulama sistemi, kapalı bant sistemi/ Alan düzenli sulanmalı, bantlar tamamen kapatılmalı	1	3	40	120
2. Toz kaldırma	E		Görüş kaybı, solunum riski	Araçların hareketi (şantiye içi)	İdari personel ve çalışanlar	3	3	40	360	ES.R.	Toz Yönetmeliği	Yol sulama, hız sınırı / Zemin stabilize edilmeli, düzenli sulama şart	1	3	40	120
3. Torbalı çimento açımı sırasında toz oluşumu	E		Açıkta çalışan personelin toz soluyarak etkilenmesi	Çalışanlar maske kullanmıyor, ortam kapalı değil.	Bölüm çalışanları	3	3	40	360	ES.R.	Toz Yönetmeliği	Otomatik torba boşaltıcı sistem, PPE eğitimi ve denetimi önerilir.	1	2	40	80
4. Agreg a bant altı toz çıkışı	E		Çalışanların solunum yolu ve toz maruziyeti	Bant altında sürekli çalışan var. Maske kullanımı yetersiz.	Bölüm çalışanları	3	3	40	360	ES.R.	Toz Yönetmeliği	Bant kapatılmalı, çalışanlara uygun maske verilmeli, kullanım denetlenmeli.	1	2	40	80
5. Toz salınımı	E		Akciğer hastalıkları, çevre kirliliği	Kırma-eleme tesisi	İdari personel ve çalışanlar	3	2	40	240	ES.R.	Toz Yönetmeliği	Sulu sistem, rüzgar kırıcı perdeler/ Ortam izleme yapılmalı, işçilere toz maskesi verilmeli	1	2	40	80
6. Mikser yükleme sırasında toz oluşumu	E		Yükleme alanında çalışanların toza maruz kalması	Yükleme noktasında havalandırma ve izolasyon yok	Bölüm çalışanları	3	2	40	240	ES.R.	Toz Yönetmeliği	Noktasal toz bastırma (su sisi), alan kapatma önerilir.	1	2	40	80
7. Çimento tozunun solunması	E		Solunum yolu hastalıkları, KOAH	Maske var ama düşük kalite	Bölüm çalışanları	3	3	15	135	ÖN.R.	Toz Yönetmeliği	Zorunlu maske kullanımı, filtre sistemlerinin bakımı	1	1	15	15

5.3.1. Agrega boşaltımı ve aktarımı kaynaklı toz oluşumu

Agregaların kamyonlardan boşaltılması ve bunker sistemlerine aktarımı sırasında havaya karışan toz partikülleri, özellikle açık alanda çalışan personel için solunum yolu rahatsızlıklarına neden olmaktadır. Mevcut durumda bantlar açık sistemle çalışmakta, alan sulaması düzensiz yapılmaktadır. Bu durum için belirlenen risk skoru 360 olup, sulama sistemlerinin iyileştirilmesi ve kapalı bant sistemine geçilmesi ile risk 120 puana düşürülmüştür.

5.3.2. Araç hareketlerinden kaynaklı toz kaldırma

Hazır beton santrallerinde araç giriş-çıkışı, şantiye içi sevkiyat ve yükleme gibi işlemler sırasında, özellikle zemin kuru olduğunda, tozun havaya karıştığı görülmektedir. Görüş mesafesinin azalması ve solunumsal maruziyet bu süreçte öne çıkan tehlikelerdir. Risk skoru 360 olarak değerlendirilmiş; yol sulama, hız sınırı uygulaması ve zemin stabilize çalışmaları sonucunda skor 120 puana kadar indirilebilmiştir.

5.3.3. Torbalı çimento beslemesi ve katkı dozajlama aşaması

Torbalı çimento kullanımı sırasında çalışanların maske takmaması ve ortamın kapalı olmaması, çimento tozunun doğrudan solunmasına neden olmaktadır. Bu risk için belirlenen skor 360 olup, otomatik torba boşaltım sistemleri, PPE (kişisel koruyucu ekipman) eğitimi ve denetimi ile birlikte 80 puan düzeyine çekilebilmiştir.

5.3.4. Mikser dolumu ve yükleme sürecinde toz maruziyeti

Betonun trans mikserlere aktarıldığı dolum aşamasında, özellikle izolasyon ve lokal havalandırma bulunmadığında toz salınımı artmakta, bu durum çalışanların maruziyetini yükseltmektedir. Bu aşama için risk skoru 240 olup, sisleme (su sisi) sistemi, otomatik kapaklı dolum ağızları gibi mühendislik önlemleri ile birlikte 80 puana düşürülmüştür.

Hazır beton santrallerinde gerçekleştirilen üretim faaliyetlerinin toz kaynaklı riskler için, alınan önlemlerin genel olarak etkili olduğunu; özellikle açık sistemlerle yapılan işlemler, koruyucu ekipman eksiklikleri ve havalandırma yetersizliklerinden kaynaklanmaktadır. Bu tür risklerin önlenmesinde yalnızca teknik mühendislik kontrolleri değil; aynı zamanda çalışan eğitimi, KKD kullanımı ve bakım-temizlik disiplininin sürekliliği de belirleyici olmaktadır. Uygulanan DÖF önlemleri ile birlikte risklerin büyük

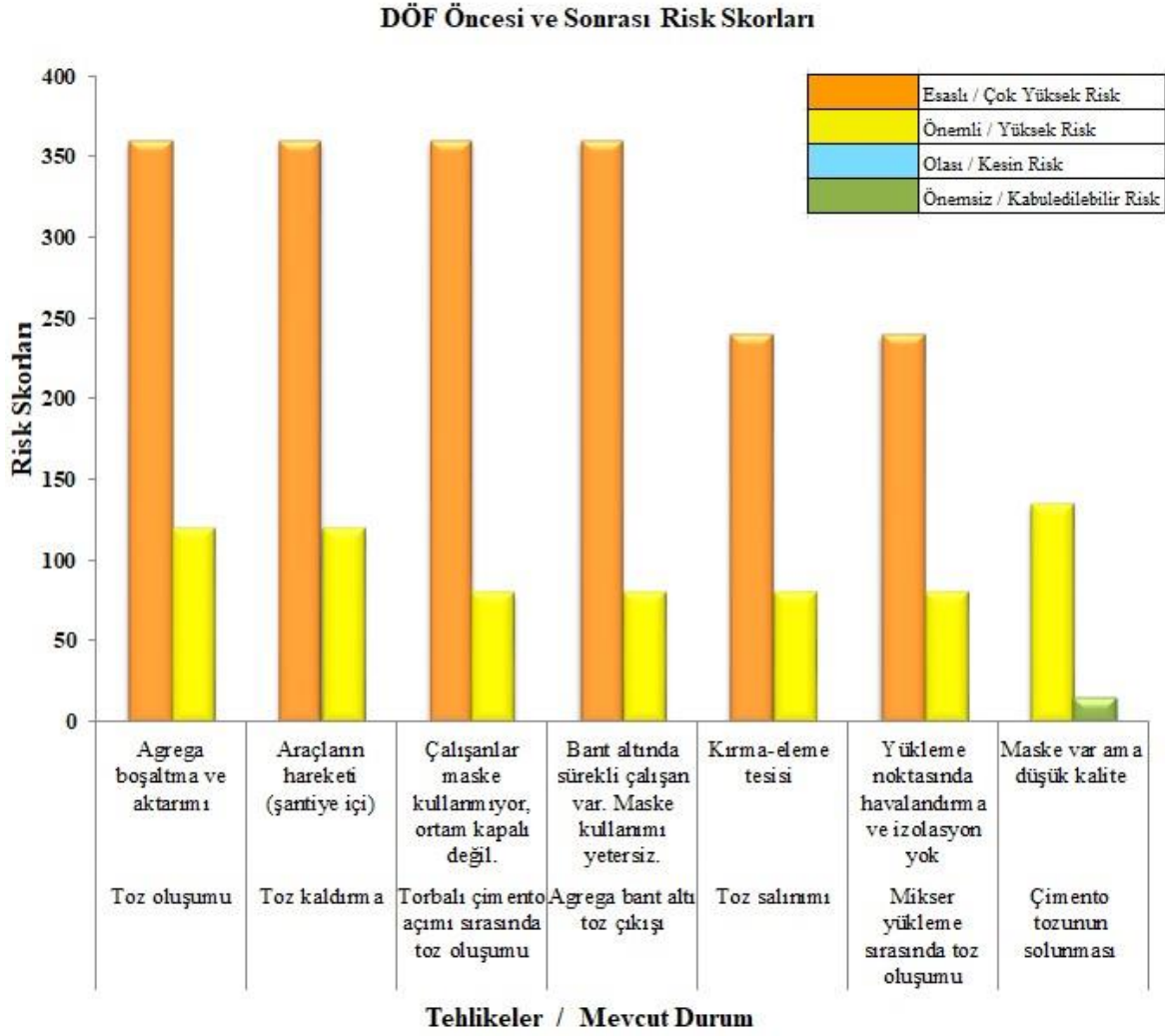
bölümü "Esaslı risk" düzeyinden "Olası / Kabul edilebilir risk" seviyeye düşürülebilmektedir. Bu sonuç, İSG uygulamalarının sahada sürekli olarak izlenmesi ve teknik iyileştirmelerle desteklenmesi kapsamında hem teknik sistem yatırımlarının hem de organizasyonel önlemlerin birlikte uygulanmasının gerekliliğini bir kez daha ortaya koymaktadır. Bu sayede hem çalışan sağlığı korunmakta hem de üretim ortamında güvenli bir çalışma standardı oluşturulmaktadır.

5.3.5. Hazır beton santrallerine ait risk skorlarının değerlendirilmesi

Hazır beton santrallerinde çimento, agrega ve suyun karıştırıldığı üretim süreçleri, toz oluşumu açısından ciddi riskler barındırmaktadır. Özellikle agrega aktarımı, torbalı çimento kullanımı, bant altı çalışanların durumu ve havalandırma eksiklikleri nedeniyle ince toz partiküllerinin ortamda askıda kalması sıkça gözlemlenmektedir.

Yapılan Fine-Kinney tabanlı risk analizlerinde; **maskesiz çalışma, yetersiz havalandırma, yükleme noktaları ve kırma-eleme tesisleri** gibi başlıca tehlike kaynaklarının yüksek risk içerdiği tespit edilmiştir. Tüm bu risklere karşı uygulanan DÖF'lerin etkisi, Tablo 5.10'da DÖF öncesi ve sonrası skorlarla gösterilmiştir.

Tablo 5.10: Hazır Beton Santralleri Toz Kaynaklı DÖF'e Göre Risk Skorları



Yapılan değerlendirmelerde, DÖF öncesinde yüksek risk skorlarına sahip olmuş mevcut durum, tehlikeler ve alınan önlemler sonrası önemli ölçüde azalmıştır:

Çalışanlar maske kullanmıyor, ortam kapalı değil (Torbali çimento açılımı toz oluşumu):

- ✚ DÖF öncesi risk / DÖF sonrası risk skoru: 360 → 80
- ✚ Risk sınıfı değişimi: Esaslı risk → Önemli risk
- ✚ Toplam düşüş: 280 puan (% 83,3 azalma)

Bant altında çalışanlarda yetersiz maske kullanımı:

- ✚ DÖF öncesi risk / DÖF sonrası risk skoru: 360 → 80
- ✚ Risk sınıfı değişimi: Esaslı risk → Önemli risk
- ✚ Toplam düşüş: 280 puan (% 83,3 azalma)

Agrega boşaltma ve aktarımı sırasında toz oluşumu:

- ✚ DÖF öncesi risk / DÖF sonrası risk skoru: 360 → 120
- ✚ Risk sınıfı değişimi: Esaslı risk → Önemli risk
- ✚ Toplam düşüş: 240 puan (% 66,7 azalma)

Düşük kalite maske kullanımı (tozun solunması):

- ✚ DÖF öncesi risk / DÖF sonrası risk skoru: 135 → 15
- ✚ Risk sınıfı değişimi: Önemli risk → Olası risk
- ✚ Toplam düşüş: 120 puan (% 88,9 azalma)

Tablo 5.8'e göre bulguları genel olarak değerlendirdiğimizde;

- ✓ En yüksek risk, kapalı olmayan ortamlarda maskesiz çalışmadan kaynaklanmaktadır. DÖF sonrası bu risk %80'in üzerinde azaltılmıştır.
- ✓ Bant altı çalışanlarda maske kalitesizliği ya da kullanımı eksikliği, maruziyet süresini uzatmış; bu durum iyileştirilmiş maskelerle %83,3 oranında düşürülmüştür.
- ✓ Agreg a boşaltma ve aktarımı, tozun en yoğun üretildiği aşamalardan biridir; bu noktaya kapalı sistem entegresi ile ciddi iyileşme sağlanmıştır.
- ✓ Yükleme noktaları, tozun araçlara ve çevreye taşındığı kritik alanlardır. Bu bölgelere yönelik havalandırma sistemlerinin kurulması ile ciddi bir risk azaltımı sağlanmıştır.

Bu veriler, alınan hem bireysel (KKD kullanımı) hem de teknik (havalandırma, izolasyon, sistem kapatma) önlemlerin riskleri önemli ölçüde azalttığını göstermektedir.

5.4. Sektörel Bazlı Toz Kaynaklı En Yüksek Risk Skorlarının Karşılaştırmalı Değerlendirmesi

Bu bölümde, Elazığ, Malatya ve Diyarbakır illerinde gerçekleştirilen saha çalışmaları kapsamında, çimento üretim sürecinin farklı aşamalarında (taş ocakları, farin değirmeni, döner fırın, çimento değirmeni ve silolar) ve hazır beton santrallerinde yürütülen Fine-Kinney yöntemine dayalı toz kaynaklı risk analizleri karşılaştırmalı olarak ele alınmıştır. Her bir üretim biriminde tespit edilen en yüksek risk skorları değerlendirilmiş, DÖF öncesi ve sonrası değişimler analiz edilerek sektörel bazda yorumlanmıştır.

Tablo 5.11: Sektörel Bazda En Yüksek Toz Kaynaklı Risk Skorlarının Karşılaştırması

Üretim Aşaması / Saha	En Yüksek Riskli Tehlike	DÖF Öncesi Risk Skoru	DÖF Sonrası Risk Skoru	Risk Sınıfı (Önce → Sonra)
Taş Ocakları	Şantiye içi araç hareketlerinden kaynaklı toz kalkması	480	240	Felaket→ Önemli
Farin Değirmeni	Genel temizlik eksikliği nedeniyle tozun askıda kalması	360	120	Esaslı → Önemli
Döner Fırın	Siklon tıkanması sonucu ani toz yayılımı	360	80	Esaslı → Önemli
Çimento Değirmeni ve Silolar	Tozun birikerek yanıcı ortam oluşturmaması	480	120	Felaket→ Önemli
Hazır Beton Santralleri	Kapalı ortamda maskesiz çalışma nedeniyle toz solunumu	360	100	Esaslı → Önemli

Çalışma kapsamında Elazığ, Malatya ve Diyarbakır illerinde gerçekleştirilen risk analizleri, çimento sektörü, taş ocakları ve hazır beton santrallerinde toz kaynaklı tehlikelerin farklı düzeylerde etkili olduğunu ortaya koymuştur. Tablo 5.11'e göre bulguları genel olarak değerlendirdiğimizde;

Tüm sektörler genelinde en yüksek risk skorlarının **480 puanla** özellikle **taş ocaklarında (delme-patlatma)** ve **çimento değirmeni-silolama** birimlerinde ortaya çıktığı tespit edilmiştir. Bu riskler, **araç hareketleri sırasında kalkışan toz bulutları** ve **silolarda toz birikimiyle oluşabilecek patlayıcı atmosferler** gibi ciddi İSG tehditleri ile ilişkilidir.

Uygulanan DÖF (Düzeltilici ve Önleyici Faaliyetler) sonrası yapılan ölçümlerde, bu risklerin sırasıyla %50 ila %75 oranında azaldığı görülmüştür. Örneğin:

- a. **Taş ocaklarında**, toz bastırma sistemlerinin ve rüzgâr yönü analizine dayalı patlatma zamanlamalarının uygulanmasıyla, 480 puanlık skorun 240 seviyelerine gerilediği kaydedilmiştir.
- b. **Çimento değirmeni** ve silolarda yapılan DÖF'ler sonucunda 480 olan risk değerlerinin 120 puana düşürüldüğü görülmüştür.
- c. **Döner fırınlarda**, özellikle siklon sistemlerinin iyileştirilmesiyle riskin **360 puandan 80 puana** inmesi, yaklaşık **%83'lük** bir azalma sağlandığını göstermiştir.
- d. **Farin değirmeninde**, temizlik, havalandırma ve filtrasyon önlemleriyle belirgin bir risk düşüşü yaşanmış, bu iyileştirme süreci özellikle kapalı alan çalışanlarının korunmasında etkili olmuştur.
- e. **Hazır beton santrallerinde**, operatörlerin **FFP2/FFP3 tipi maske kullanımının yaygınlaştırılması** ve silo havalandırmalarının bakımının yapılması ile önemli iyileştirmeler sağlanmıştır.

Bu sonuçlar göstermektedir ki, üretim süreçlerinde toz oluşumu tamamen engellenemese de, alınan **mühendislik önlemleri, organizasyonel iyileştirmeler ve kişisel koruyucu donanım kullanımı** ile riskler önemli ölçüde kontrol altına alınabilmektedir. Özellikle:

- Kapalı sistemlerin kullanılması,
- Periyodik temizlik programlarının oluşturulması,
- Yerel havalandırma sistemlerinin modernize edilmesi,
- KKD (Kişisel Koruyucu Donanım) kullanımının zorunlu hale getirilmesi

en etkili koruyucu yaklaşımlar arasında yer almıştır.

Özellikle açık alanda çalışan operatörler ve bant altı çalışanlar, solunabilir tozlara en çok maruz kalan gruplar olup bu alanlarda yapılan iyileştirmeler risk azaltımında belirleyici olmuştur [102]. Açık alan çalışanları (örneğin bant altı personeli, yükleme alanı operatörleri) bu önlemlerden en çok fayda gören gruplar arasında yer almış, alınan tedbirlerin bu alanlardaki etkisi, risk skorlarındaki düşüşlerle de sayısal olarak doğrulanmıştır.

Nitekim bu yaklaşım, sadece iş güvenliğini değil; **verimlilik, çevresel sürdürülebilirlik ve çalışan sağlığı açısından da uzun vadeli faydalar sağlayacak** bütüncül bir yönetim anlayışının temelini oluşturmaktadır.

5.4.1. Literatür ile karşılaştırmalı risk değerlendirmesi

Bu çalışmada Fine-Kinney yöntemi kullanılarak gerçekleştirilen risk analizleri, çimento sektörü ve bağlı üretim birimlerinde hâlâ ciddi düzeyde toz kaynaklı maruziyet risklerinin bulunduğunu ortaya koymuştur. Elazığ, Malatya ve Diyarbakır illerinde yer alan taş ocakları, çimento fabrikaları ve hazır beton santrallerinde yapılan kapsamlı saha çalışmaları sonucunda, özellikle **delme-patlatma, kırma-eleme, farin ve çimento değirmeni, silolama ve mikser yükleme** gibi toz salınımının yoğun olduğu üretim aşamalarında **çok yüksek risk seviyeleri** tespit edilmiştir.

Özellikle;

- **Taş ocaklarında delme-patlatma ve kırma-eleme ünitelerinde** risk skorları **480** gibi Fine-Kinney yönteminde en üst düzeyde değerlendirilmiş; bu skorlar **“tolere edilemez/felaket risk”** sınıfına girmiştir.
- **Çimento fabrikalarında çimento değirmeni ve silolama süreçlerinde** yine **480** puanlık skorlar kaydedilmiş, bu durum kontrol önlemlerinin planlı şekilde uygulanmasının ne kadar elzem olduğunu ortaya koymuştur.
- **Hazır beton santrallerinde**, özellikle mikser dolum ve malzeme aktarımı bölgelerinde risk değerleri **360** seviyelerine ulaşmış; bu birimlerin de iş sağlığı açısından ihmal edilmemesi gerektiği görülmüştür.

Ancak çalışmanın en dikkat çekici sonuçlarından biri, **DÖF (Düzeltilici ve Önleyici Faaliyetler)** sonrasında birçok üretim biriminde anlamlı ve istikrarlı bir iyileşme sağlanabilmiş olmasıdır. Örneğin:

- **Çimento değirmeni ve silolama aşamalarında** DÖF sonrası yapılan Kapalı alan giriş prosedürü oluşturulması, tam havalandırma sağlanması, içeri girmeden toz seviyesi ölçülmesi, spotter eşliğinde giriş yapılması, çalışanların KKD kullanımına yönelik eğitimler v.b. alınan önlemler sonucu **480 olan risk skoru 120’ye kadar** düşürülmüştür.

- **Farin değirmeni ve döner fırın aşamalarında,** havalandırma düzenlemeleri, filtrelerin düzenli bakımı, otomatik toz bastırma sistemleri, çalışanların KKD kullanımına yönelik eğitimler v.b. alınan önlemler sonucu **360 - 270 olan risk skor değerleri 80 - 30 skor seviyelerine** gerilemiştir.
- **Taş ocaklarında** araç hareketlerinden kaynaklı tozlar ve delme-patlatma tehlikelerine ait risk skorları, DÖF sonrası patlama sonrası bekleme süresinin artırılması, nemlendirme uygulamaları, araç hız limitlerine uygun hareket edilmesi vb önlemler sayesinde, **480 - 360 olan risk skor değerleri 240 - 80 skor seviyelerine kadar** indirilebilmiştir.
- **Hazır beton santrallerinde,** açık taşıma sistemlerinin kapalı bant sistemleriyle değiştirilmesi, silo dolum filtrelerinin yenilenmesi gibi önlemler sayesinde **öncesinde 360 - 240 olan risk skor değerleri 120 - 80 skor seviyelerine** düşürülebildiği görülmüştür.

Bu iyileşmeler, alınan önlemlerin sahada karşılık bulduğunu ve hem çalışan sağlığının korunması hem de iş güvenliğinin artırılması yönünde **somut ve ölçülebilir faydalar sağladığını** göstermektedir.

Literatürle karşılaştırıldığında, bu çalışma bulguları mevcut akademik bilgilerle önemli düzeyde örtüşmektedir. Örneğin, Akalın (2019), çimento sektöründe özellikle değirmen ve fırın bölgelerinde PM10 seviyelerinin mesleki maruziyet limitlerini aştığını, bunun da silikozis ve benzeri akciğer hastalıklarının sıklığını artırdığını ifade etmiştir [103], Kaya (2017), ise özellikle kapalı ortamlardaki PM2.5 değerlerinin çalışan sağlığı için büyük tehdit oluşturduğunu, solunabilir partiküllerin uzun vadede kalıcı doku hasarlarına yol açabileceğini vurgulamıştır. [104].

Uluslararası alanda ise IARC (2012), çimento tozlarını “Grup 1 karsinojen” sınıfına dahil ederek, bu tozların uzun süreli solunum yoluyla alımının akciğer kanseri ve mezotelyoma gibi ciddi hastalıklarla ilişkilendirildiğini belirtmiştir [105].

Bu bağlamda, özellikle Elazığ’daki farin değirmeni ve Diyarbakır’daki silolama alanında yapılan analizlerde, DÖF öncesi “Esaslı risk” skorlarının tamamı, DÖF sonrası önemli derece düşük seviyelerin altına düşülmüş olması dikkat çekicidir. Genel olarak birçok noktada önceki skorların ortalama %70’e varan oranlarda düşürülebilmiş olması,

alınan önlemlerin genel olarak etkili olduğunu, ancak bazı kritik alanlarda sürekli denetim ve teknik iyileştirmelerin sürdürülmesi gerektiğini göstermektedir.

Genel olarak, bu çalışmada elde edilen veriler; ulusal ve uluslararası literatürdeki risk tanımlarını doğrulamakta, ancak aynı zamanda **yerel düzeyde uygulanabilir müdahalelerle önemli mesafeler kat edilebileceğini** de göstermektedir. Uygulanan DÖF'lerin ölçülebilir sonuçlar doğurması, bu tür risk analizlerinin sadece teorik değil; **pratikte de karar destek aracı** olarak etkili şekilde kullanılabileceğini ortaya koymuştur.



6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışma kapsamında, Elazığ, Diyarbakır ve Malatya illerinde faaliyet gösteren taş ocakları, çimento fabrikaları ve hazır beton santrallerinde yapılan saha ziyaretleri, ikili görüşmeler Bakanlık onaylı Ortak Sağlık Güvenlik Birimleri (OSGB) veya tesislerin yetkilendirmiş olduğu iş güvenliği uzmanları tarafından hazırlanmış risk değerlendirme belgeleri doğrultusunda toz kaynaklı riskler analiz edilmiştir. Yapı malzemeleri sanayisinin üç temel bileşeni olan bu sektörlerde, farklı üretim süreçlerine rağmen ortak bir çevresel ve biyolojik tehdit olan toz maruziyeti belirgin şekilde öne çıkmaktadır. Sahadan elde edilen veriler sonucunda her bir sektöre özgü riskler detaylı şekilde belirlenmiş, çözüme yönelik somut öneriler sunulmuştur.

6.1. Taş Ocaklarına Yönelik Sonuçlar ve Öneriler

Çimento üretiminde temel hammadde olarak kullanılan kalkerin temin edildiği taş ocaklarında gerçekleştirilen üretim süreçleri, açık ocak madenciliği modelinin doğası gereği yoğun toz emisyonu ile karakterize olmaktadır. Özellikle **delme-patlatma, kırma-eleme, yükleme ve taşıma** gibi operasyonel faaliyetler sırasında meydana gelen toz salınımları, hem çalışan sağlığı hem de çevresel güvenlik açısından önemli tehlikeler doğurmaktadır. Görüş mesafesini azaltan toz bulutları; ani iş kazalarına, ekipman arızalarına ve operasyonel aksamalara neden olabilmekte, uzun vadede ise **meslek hastalıkları** başta olmak üzere ciddi sağlık sorunlarına zemin hazırlamaktadır.

6.1.1. Sonuçlar

Bu bağlamda gerçekleştirilen Fine-Kinney yöntemi esaslı risk analizleri, taş ocaklarındaki birçok faaliyet adımının "**Esaslı Risk (ES.R.)**", "**Önemli Risk (ÖN.R.)**" ve hatta bazı durumlarda "**Tolere Edilemez/Felaket Risk (F.R.)**" kategorisinde yer aldığını ortaya koymuştur. Örneğin:

- a. **Şantiye içi araç hareketlerinden kaynaklı toz oluşumu ve Delme-patlatma işlemleri sırasında ortaya çıkan toz unsurları** 480 puan ile en yüksek risk seviyesine ulaşmış ve F.R. (Felaket Risk) sınıfında değerlendirilmiştir.
- b. **Kırıcı-eleme, taşıma ve yükleme faaliyetleri** ise 240-360 arası risk puanlarıyla esaslı risk kapsamında sınıflandırılmıştır.

Bu bulgular ışığında uygulamaya alınan DÖF (Düzeltilici ve Önleyici Faaliyetler), sahadaki risk seviyelerini belirgin şekilde düşürmüştür. Sulama sistemlerinin işlevselleştirilmesi, kapalı bant sistemlerinin devreye alınması, **kişisel koruyucu donanım (KKD)** kullanımının yaygınlaştırılması ve **patlatma zamanlamalarının meteorolojik verilerle uyumlaştırılması**, risk skorlarında %70'e varan düşüşler sağlamıştır. Örneğin:

- a. 480 risk puanına sahip **delme-patlatma riski**, önerilen tedbirlerin uygulanmasıyla 240 seviyesine gerilemiştir.
- b. **Kırıcı-eleme** işlemi için başlangıçta 240 olarak hesaplanan risk skoru, kapalı sistem uygulamasıyla 90'a düşmüştür.
- c. **Yükleme ve taşıma faaliyetleri** için 216 olarak belirlenen puan, sulama sistemleri ve toz perdeleriyle 80'e indirgenmiştir.

Tüm bu sonuçlar, saha uygulamalarında alınan önlemlerin sadece teorik değil, **pratik düzeyde de etkili olduğunu** açıkça göstermektedir.

6.1.2. Öneriler

Aşağıda, risklerin azaltılmasına yönelik saha uygulayıcılarına ve iş sağlığı güvenliği uzmanlarına yol gösterecek öneriler yer almaktadır:

- a. **Toz bastırma sistemleri:** Şantiye içi yollar düzenli olarak sabah ve öğlen sulanmalı, ayrıca hız limitleri saha içinde net şekilde belirlenerek işaretlenmelidir.
- b. **KKD kullanımı ve eğitim:** Patlatma alanına girişler sınırlandırılmalı, çalışanlara uygun tipte KKD (örneğin FFP2/FFP3 maske) sağlanmalı ve kullanımı sürekli denetlenmelidir.
- c. **Mühendislik kontrolleri:** Kırıcı ve eleme üniteleri, toz toplama sistemleri ile donatılmalı; açık sistemler kapalı bant sistemleriyle değiştirilmelidir.
- d. **Çevresel izolasyon:** Toz perdeleri, bariyerler ve çevresel izolasyon sistemleri, taş ocaklarının yerleşim birimlerine yakın alanlarında yaygınlaştırılmalıdır.
- e. **Risk izleme ve gözlem:** Risk değerlendirmeleri periyodik olarak güncellenmeli, özellikle yüksek riskli alanlarda toz ölçüm analizleri yapılmalıdır.
- f. **Yönetimsel önlemler:** İşletmelerde İSG yönetim sistemleri etkin biçimde uygulanmalı, acil durum planları güncellenmeli ve denetim sıklığı artırılmalıdır.

Bu sonuç ve öneriler, çimento sektöründe faaliyet gösteren taş ocakları işletmecilerinin, iş sağlığı ve güvenliği profesyonellerinin ve araştırmacıların saha koşullarını bilimsel temellere dayalı olarak değerlendirmesine ve etkin önlem almasına olanak sağlamaktadır. Gerekli tedbirlerin alınması, hem çalışan sağlığının korunmasına hem de işletmelerin sürdürülebilirliğine katkı sunacaktır.

6.2. Çimento Üretim Tesislerine Yönelik Sonuçlar ve Öneriler

Çimento üretim süreçlerinde, toz emisyonu kaynaklı sağlık ve çevre riskleri oldukça yüksek düzeyde seyretmektedir. Bu çalışmada, **Farin Değirmeni, Döner Fırın ve Çimento Değirmeni–Silolar** gibi üretimin temel süreçlerine ait bölümler özelinde yapılan Fine-Kinney esaslı risk analizleri, solunabilir tozların çalışanlar üzerinde oluşturduğu etkileri sayısal verilerle ortaya koymuştur. Özellikle mikron düzeyinde uçuyan toz partikülleri, göz, cilt ve solunum yolları üzerinde kısa vadede irritasyon, uzun vadede ise **KOAH, pnömokonyoz ve silikozis** gibi meslek hastalıkları riskini artırmaktadır.

6.2.1. Sonuçlar

Her bir üretim biriminde yapılan analizler, birçok alt prosesin “Esaslı Risk (ES.R.)” ve “Önemli Risk (ÖN.R.)” sınıfında yer aldığını göstermektedir. Bunlardan başlıcaları;

- a. **Çimento değirmeni ve silolarda**, tozun birikerek yanıcı ortam oluşturması riski **480 puan** ile Felaket Risk sınıfında değerlendirilmiştir.
- b. **Farin değirmeninde**, genel tozlu ortam ve yanıcı toz riski **240–360 puan** arasında değişmekte, elektrik panolarındaki birikintiler de yangın açısından önemli tehditler oluşturmaktadır.
- c. **Döner fırın aşamasında**, fırın çıkışlarında toz birikimi 270 puana ulaşmış, siklon tıkanmaları, klinker tozu ve farin birikimleri de yüksek risk sınıflarında yer almıştır.

Uygulanan DÖF (Düzeltilici ve Önleyici Faaliyetler) ile bu riskler önemli oranda azaltılmış; teknik iyileştirmeler ve organizasyonel müdahaleler sonucunda bazı alanlarda **%70’e kadar düşüş** sağlanmıştır. Bunlardan bazıları:

- a. Çimento değirmenindeki **480 puanlık risk**, silo havalandırmasının artırılması ve kapalı alan giriş prosedürlerinin uygulanmasıyla **120 puana** indirgenmiştir.

- b. Farin değirmeninde, **360 puanlık tozlu ortam riski**, kapalı sistem makineler ve sulama ekipmanları ile **120 puana** düşürülmüştür.
- c. Döner fırın biriminde, fırın çıkışlarındaki toz patlaması riski **270'ten 90 puana** kadar gerilemiştir.

Bu veriler ışığında elde edilen sonuçlar, çimento üretim tesislerinde alınacak idari ve teknik önlemlerin, **saha güvenliğini doğrudan etkilediğini** ve risk azaltımında büyük rol oynadığını kanıtlamaktadır. Risk puanlarının neredeyse üçte bire kadar düşürülmesi, **önleyici mühendislik çözümlerinin etkinliği** konusunda güçlü bir gösterge niteliğindedir.

6.2.2. Öneriler

Aşağıda, çimento üretim tesislerinde toz kaynaklı risklerin azaltılmasına yönelik saha uygulayıcılarına ve iş sağlığı güvenliği uzmanlarına rehberlik edecek öneriler yer almaktadır:

- a. **Toz bastırma sistemleri:** Tozlu ortamların bulunduğu alanlara **kapalı kabinli makineler, sulama sistemleri ve filtreleme üniteleri** entegre edilmeli; özellikle malzeme transferi ve yükleme noktalarında bu sistemler aktif olarak çalıştırılmalıdır.
- b. **KKD kullanımı ve eğitim:** Tüm üretim birimlerinde çalışanlara **FFP2/FFP3 maske**, antistatik kıyafet ve koruyucu gözlük gibi KKD'ler eksiksiz temin edilmeli; KKD kullanımına yönelik sürekli **eğitim ve denetim** sağlanmalıdır.
- c. **Mühendislik kontrolleri:** Tozun olduğu alanlarda **filtre sistemleri, aspirasyon hatları, panolarda izolasyon ve sıcaklık dedektörleri, kapalı taşıma bantları** gibi teknik çözümler uygulanmalı; açık sistemler kapalı devrelere dönüştürülmelidir.
- d. **Çevresel izolasyon:** Tozun işyeri dışına yayılmasını önlemek amacıyla silo ve bunker bölgelerinde **toz perdeleri, hava kilitleri ve çift kapılı giriş sistemleri** kullanılmalıdır. Bu önlemler çevresel şikayetleri de azaltacaktır.
- e. **Risk izleme ve gözlem:** Toz konsantrasyonları düzenli olarak ölçülmeli, **filtre sistemlerinin bakım periyotları oluşturulmalı** ve bu ölçümler kayıt altına alınmalıdır. Özellikle silika içeren alanlarda günlük gözlem ve ölçümler yapılmalıdır.
- f. **Yönetimsel önlemler:** İSG kurullarında alınan kararların üretim süreçlerine entegrasyonu sağlanmalı; **Atex yönetmeliği, iş hijyeni ölçüm talimatları, tozla**

mücadele yönergeleri düzenli olarak güncellenmelidir. **Acil durum prosedürleri**, çalışanlara periyodik olarak hatırlatılmalı ve tatbikatlarla pekiştirilmelidir.

Bu sonuç ve öneriler, çimento sektöründe faaliyet gösteren taş ocakları işletmecilerinin, iş sağlığı ve güvenliği profesyonellerinin ve araştırmacıların saha koşullarını bilimsel temellere dayalı olarak değerlendirmesine ve etkin önlem almasına olanak sağlamaktadır. Gerekli tedbirlerin alınması, hem çalışan sağlığının korunmasına hem de işletmelerin sürdürülebilirliğine katkı sunacaktır

6.3. Hazır Beton Santrallerine Yönelik Sonuçlar ve Öneriler

Hazır beton santrallerinde gerçekleştirilen üretim faaliyetleri, agrega aktarımı, çimento boşaltımı ve mikser dolumu gibi işlemler sırasında yoğun toz oluşumuna neden olmaktadır. Özellikle açıkta yapılan malzeme taşıma, bant altı çalışmaları ve filtre yetersizlikleri, hem çalışan sağlığı hem de çevresel güvenlik açısından ciddi tehditler barındırmaktadır. Bu tozlu ortamlar burada çalışanlar açısından ileride ciddi sağlık riskleri oluşturabilir.

6.3.1. Sonuçlar

Bu çalışma kapsamında, Fine-Kinney yöntemine göre yapılan analizler; hazır beton santrallerindeki birçok faaliyetin “**Esaslı Risk (ES.R.)**” ve bazı durumlarda “**Önemli Risk (ÖN.R.)**” düzeyinde değerlendirildiğini ortaya koymuştur. Özellikle:

- a. Agrega boşaltma ve aktarımı,
- b. Şantiye içi araç hareketleri,
- c. Torbalı çimento açımı ve mikser dolum alanları,
- d. Bant altı sürekli çalışma bölgeleri,

360 puan gibi yüksek değerlerle “ES.R.” sınıfında tanımlanmıştır. Bu durum, özellikle açık sistemle çalışan santrallerde tozun kontrolsüz biçimde yayıldığını ve gerekli önlemlerin alınmadığı durumlarda çalışanların doğrudan etkilenebildiğini göstermektedir.

Ancak önerilen DÖF (Düzeltilici ve Önleyici Faaliyetler) uygulamaları ile bu riskler önemli ölçüde azaltılmıştır. Bunlardan bazıları;

- a. Agreg a boşaltımı sırasında 360 puan olan risk skoru, kapalı bant sistemleri ve alan sulama uygulamaları ile **120 puana**,
- b. Şantiye iç i toz kaldırma faaliyeti 360 puandan **120 puana**,
- c. Mikser dolum alanı 240 puandan **80 puana**,
- d. Bant altı toz çıkışı ise 360 puandan **80 puana** düşürülmüştür.

Bu sonuçlar, mühendislik kontrolleri, KKD kullanımı ve ortam izleme sistemlerinin entegrasyonu ile hazır beton santrallerinde risk seviyelerinin %65'e varan oranlarda azaltılabildiğini ortaya koymuştur.

6.3.2. Öneriler

Aşağıda, saha uygulayıcıları ve İSG uzmanları için hazırlanmış, hazır beton santrallerinde toz emisyonunu azaltmaya yönelik temel öneriler sıralanmıştır:

a. Toz bastırma sistemleri

- ✓ Agreg a transfer ve yükleme alanlarında **sürekli çalışan sulama sistemleri** devreye alınmalı, **kapalı bant sistemleri** kurulmalıdır.
- ✓ Mikser dolum noktalarında **noktasal toz bastırma (sisleme) sistemleri** kullanılmalı, kapalı alan çözümleri tercih edilmelidir.

b. KKD kullanımı ve eğitim faaliyetleri

- ✓ Özellikle torbalı çimento açımı gibi yüksek maruziyetli işlemlerde, **FFP2/FFP3 sınıfı maskeler**, **gözlükler** ve **antistatik kıyafetler** zorunlu tutulmalı, çalışanlara **KKD eğitimi** verilmelidir.
- ✓ Düşük kaliteli maske kullanımı engellenmeli, filtre sistemlerinin etkinliği düzenli aralıklarla kontrol edilmelidir.

c. Kapalı sistem ve mühendislik önlemleri

- ✓ Bant altı çalışma alanlarında **toz geçirmez kabinler**, **kapalı bölme sistemleri** uygulanmalıdır.
- ✓ Kırıcı-eleme tesislerinde **rüzgar kırıcı perdeler** ve **yerel havalandırma sistemleri** aktif hale getirilmelidir.

d. Çevresel izolasyon ve alan yönetimi

- ✓ Araç yolları, taşıma güzergahları ve depo sahaları **zemin stabilize edilerek** tozun yükselmesi engellenmeli; **araç hız sınırları** belirlenerek levhalarla desteklenmelidir.
- ✓ Şantiye içi yollar **günde en az iki kez sulanmalı**, iş makineleri için alternatif düşük tozlu rotalar belirlenmelidir.

e. Risk izleme ve periyodik kontrol

- ✓ Filtre ve havalandırma sistemlerinin bakım periyotları oluşturulmalı; toz yoğunluğu ölçümleri kayıt altına alınarak analizlerle desteklenmelidir.
- ✓ Tüm bu uygulamalar **İSG Kurulu kararları** doğrultusunda denetlenmeli, yasal yönetmeliklere uygunluğu sürekli izlenmelidir.

Bu analiz ve öneriler, hazır beton santrallerinde yürütülen faaliyetlerin yalnızca üretim odaklı değil, aynı zamanda **insan sağlığını merkeze alan bir yaklaşım** ile yürütülmesi gerektiğini ortaya koymaktadır. Mühendislik, organizasyonel ve kişisel koruyucu tedbirlerin eşgüdüm içinde uygulanması durumunda, toz kaynaklı meslek hastalıklarının önüne geçilebileceği ve çevresel sürdürülebilirliğin sağlanabileceği açıktır.

6.4. Çimento Sektöründeki Tozların Tehlikelerine Yönelik Genel Öneriler

- Sektör bazlı sürekli izleme istasyonları kurularak, toz maruziyeti haritaları oluşturulmalı ve anlık müdahale imkânı sağlanmalıdır.
- Üniversiteler ve kamu kurumları ile iş birliği içinde sektöre özel mesleki eğitim modülleri geliştirilmelidir.
- İş sağlığı ve güvenliği kültürünün güçlendirilmesi amacıyla çalışan katılımlı İSG komiteleri kurulmalıdır.
- DÖF etkinliğini artırmak adına yapay zekâ destekli risk değerlendirme yazılımları kullanılmalıdır.
- Toz kaynaklı meslek hastalıklarının erken tanısı için mobil sağlık tarama araçları bölgede periyodik hizmet sunmalıdır.
- Tesislerin çevresel sürdürülebilirliğini belgeleyen bağımsız sertifikasyon sistemleri teşvik edilmelidir.

Bu tez çalışması, sektör özelinde uygulamaya dönük iyileştirme önerileri sunarak hem iş sağlığı ve güvenliği uygulayıcıları hem de çevresel sürdürülebilirlik politikaları geliştiren karar alıcılar için yol gösterici bir kaynak niteliğindedir.

6.5. Gelecek Araştırmalar İçin Öneriler

- a.** Kentsel Dönüşüm Süreçlerinde Bina Yıkımlarından Kaynaklanan Çimento Tozlarının Solunabilirlik Düzeylerinin ve Sağlık Etkilerinin İncelenmesi
- b.** Hazır Beton Santrallerinde Otomatik Toz İzleme ve Anlık Geri Bildirim Sistemlerinin Etkililiği Üzerine Karşılaştırmalı Uygulamalar
- c.** Çimento Tozlarının Bitkisel Örtü Üzerindeki Uzun Süreli Biyolojik ve Ekolojik Etkilerinin Deneysel Olarak Değerlendirilmesi

KAYNAKLAR

- [1] Türkiye Çimento Müstahsilleri Birliği (TÇMB). (2023). 2023 Yılı Sektör Raporu. Ankara: TÇMB Yayınları..
- [2] AFAD (Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı). (2023). 6 Şubat 2023 Depremi Etki ve Müdahale Raporu. Ankara: AFAD Yayınları..
- [3] Ceylan, S., & Başhelvacı, M. (2011). İş Sağlığına Sistemik Yaklaşımlar. Eskişehir: Anadolu Üniversitesi Yayınları..
- [4] Miçooğulları, A. (2018). Hatay Kuruyer Mevkiindeki Taş Ocaklarında İş Güvenliği Açısından Taş Tozu Riskinin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kütahya. 4.
- [5] Kaplan, E. (2016). “Tekstil Sektöründe Tozla Mücadele Rehberi”. Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı Yayınları İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü, Ankara..
- [6] Kampa, M., & Castanas, E. (2008). Human health effects of air pollution. Environmental Pollution, 151(2), 362–367. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2007.06.012>.
- [7] İstanbul Ticaret Odası, Çimento Sektör Araştırma <http://www.ito.org.tr/itoyayin/0010266.pdf>, (Erişim Tarihi: 06/02/2016)..
- [8] Erol, İ. (2007). TTK Kozlu Müessesesi Ayak İşyerlerinde Solunabilir Toz Yoğunluklarının ve Kuvars İçeriklerinin Araştırılması. Yüksek Mühendislik Tezi, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Zonguldak..
- [9] Kara, A. (2015). “Mesleki Solunum Sistemi Hastalıkları”. İ. Malkoç ve M.S. Keleş (Ed.). Meslek Hastalıkları (62-84). Erzurum: Atatürk Üniversitesi Açıköğretim Fakültesi Yayını..
- [10] Alptekin, A., & Çelebi, N. (2015). İşyeri ortamında toz ölçümleri ve değerlendirme yöntemleri. İş Sağlığı ve Güvenliği Dergisi, 10(2), 45–52..
- [11] Ersoy, S., & Kaya, E. C. (2019). Bir kamu üniversitesi gıda mühendisliği laboratuvarları risk analiz uygulaması. Gümüşhane Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi, 8(4), 411-423..
- [12] Türk, M., (2021). Olgularla meslek hastalıkları (1. Baskı). (pp. 1-342). Ankara Nobel Tıp Kitapevleri..
- [13] Tankut, A. N., Kurban, H., & Melemez, K. (2014). Orman endüstri işletmelerinde odun tozunun ergonomik etkilerinin incelenmesi. II. Ulusal Akdeniz Orman ve Çevre Sempozyumu, Isparta, Türkiye. 785 792..
- [14] T.C. Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı, Tozla Mücadele Yönetmeliği, Resmî Gazete Tarihi: 05.11.2013, Sayı: 28812..
- [15] Eruş, H.Ö, Taşkiran, G. ve Bayazit, M. (2015). “Silis İçeren Malzemelerle Çalışmalarda İş Sağlığı ve Güvenliği”. 05-20 Eylül 2015, 9. Uluslararası Eskişehir Pısmış Toprak Sempozyumu (115-122). Eskişehir..
- [16] Kayınova, A. (2020). “Çimento Sektöründe Toza Bağlı Mesleki Sağlık Sorunlarının İzlemi Rehberi”. Çimento Endüstrisi İşverenleri Sendikası, Ankara..
- [17] Kir, Ö. (2017). Otomobil Bakım Servislerinde Toz Risklerinin İş Sağlığı ve Güvenliği Açısından İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Yeni Yüzyıl Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, İstanbul..
- [18] Geneva. M C B Ü World Health Organization, (1999). “Hazard Prevention and Control in the Work Environment: Airborne Dust”. Soma Meslek Yüksekokulu Teknik Bilimler Dergisi Yıl: 2022 Sayı:34 Cilt: II.

- [19] Hubbs A, Greskevitch M, Kuempel E, vd. (2005). "Abrasive Blasting Agents: Design Studies to Evaluate Relative Risk". *Journal of Toxicology and Environmental Health*, 68, 999-1016.
- [20] Atılğan, A, Ersen, N, Peker, H. ve Kahraman, N. (2015). "Türkiye Mobilya Sanayinde İş Kazası ve Meslek Hastalıklarının Önlenmesine İlişkin Tavsiyeler". *Selçuk Teknik Dergisi*, (Özel sayı 1), 664-683..
- [21] Kalaycıoğlu H, Yıldırım Bağcı, E. ve Aras, U. (2015). "Mobilya Sektöründe İş-Güvenliği Riskleri ve Önlemler". *Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Fakültesi Orman Endüstri Mühendisliği*, 974-987..
- [22] Erol, İ. (2012). *Meslek Hastalıkları ve Toz Maruziyeti*. Ankara: Hekim Yayınevi..
- [23] Kuempel, E. D., Stayner, L. T., Attfield, M. D., & Buncher, C. R. (1995). Exposure-response analysis of mortality among coal miners in the United States. *American Journal of Industrial Medicine*, 28(2), 167–184. <https://doi.org/10.1002/ajim.4700280204>.
- [24] Sandal, A, Koyuncu, A, Kar Kurt, Ö, Ecin, S.M, Demir, A.U. ve Yıldız, A.N. (2020). "Pnömokonyozlar". A.N. Yıldız ve A. (Ed.). *İş Sağlığı ve Güvenliği Meslek Hastalıkları* (887-894). Ankara: Hacettepe Üni Yayınları..
- [25] F. (. "İ. E. İ. A. N. Y. D. Babalık.
- [26] Akkurt, İ. (2007). "Mesleki Solunum Hastalıkları". Ankara: Türk Tabipleri Birliği Yayınları..
- [27] Öztürk, A., ve Arkadaşları. (2012). *Mesleki Akciğer Hastalıkları*. İstanbul: Tıp Yayınevi..
- [28] Moitra, S., Puri, S., Paul, D., & Huang, Y. (2015). "Silicosis and Occupational Health". *International Journal of Occupational and Environmental Health*, 21(2), 93–100..
- [29] OSHA, (2002). *Silica: Health Hazards and Precautions*. Occupational Safety and Health Administration..
- [30] Barber CM, Fishwick D, Carder M, van Tongeren M vd, (2019). "Epidemiology of Silicosis: Reports From the SWORD Scheme in The UK From 1996 to 2017". *Occup Environ Med* 76, 17- 21..
- [31] Çalışma ve Sosyal Güvenlik Eğitim ve Araştırma Merkezi. (2013). "Meslek Hastalıkları". Ankara: Özyurt Matbaacılık..
- [32] David, A. (2012). *Occupational Exposure to Silica and Associated Health Outcomes*. University Press..
- [33] Skowroński, M., Halicka, A., & Barinow-Wojewódzki, A. (2018). "Silica Dust Exposure and Respiratory Effects". *Annals of Occupational Medicine*, 45(3), 233–242..
- [34] Atabey, E. (2008). "Türkiye’de Sağlık Riski Oluşturan Krizotil ve Amfibol Asbest ile Eriyonit Minerali İçeren Kayaların Dağılımı" 1-3..
- [35] Arseven, F, Yavuzarslan, G.Z, Kocabeyoğlu, M, Üzel, Z, Çetinceli, Z. ve İnam, H.M, (2005). "Asbest ve Asbestli Malzeme İle Üretim Yapılan İşyerlerinde İş Sağlığı ve Güvenliği Proje Teftişi" ÇSGB İş Teftiş Kurulu, Ankara..
- [36] Roe, A. L., & Stella, M. (2015). "Mesothelioma: A Review". *Cancer Journal*, 21(6), 415–422..
- [37] Pekdemir, M. (1999). *Asbest Maruziyeti ve Mezotelyoma*. İstanbul: Toksikoloji Araştırmaları Derneği Yayınları..
- [38] Toren, K, Brisman, J, Olin, A.C. and Blane, P.D. (2000). "Asthma on the Job: Work Related Factors in New Onset Asthma and in Exacerbations of Preexisting Asthma". *Respir Med*, 94, 529-535..
- [39] Reşat Kendirlinan. (yaklaşık 2015). *Astım, Meslek ve İş Yeri İlişkisi*. Türkiye Solunum Araştırmaları Derneği (TÜSAD). Erişim adresi: https://solunum.org.tr/TusadData/Book/327/125201514579-11_Bolum_10_Meslek.pdf.

- [40] Şen, M. (2015). İş Sağlığı ve Güvenliği Kavramı, Tarihsel Gelişimi ve Dayanakları, MÜHFD Kayseri 4(1): 129-136.
- [41] Yiğit, A. (2013). İş Güvenliği. (2. Basım), Bursa: Dora Yayıncılık..
- [42] Delioğlu, Ö. (2019). Sağlık ve güvenliğin önemi, TES-İŞ Yayınları, Ankara.
- [43] Fişek, A. G. (1995). Çok bilimli ekseninde işçi sağlığı iş güvenliği. Ankara Üniversitesi SBF Dergisi, 50, 167-172..
- [44] Akıllı, H. ve Aydoğdu, Ö., (2013). İş Sağlığı ve Güvenliğinin Önemi. MTA Doğal Kaynaklar ve Ekonomi Bülteni, 16: 245-250..
- [45] Meydanlıoğlu, A. (2013). Sağlık çalışanlarının sağlığı ve güvenliği. Balıkesir Sağlık Bilimleri Dergisi, 2(3): ss 192-199.
- [46] Yılmaz, F. (2010). Risk Değerlendirmesi'nde Yöntem Tartışması. Toprak İşveren Sendikası Dergisi, s, 86, 16-19..
- [47] Alçan, H. (2022). İnşaat Sektöründe Hazop Metodu ile Risk Değerlendirmesi. TAS Journal, 2(3), 06-18. Ankara: Özyurt Matbaacılık..
- [48] Selek, H.S. 2016. İş Sağlığı ve Güvenliği (İSG) Temel Konular. (1. Baskı). Ankara: Seçkin Yayıncılık.
- [49] Çalışma ve Sosyal Hizmetler Bakanlığı. 2012. Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı. İş Sağlığı ve Güvenliği Risk Değerlendirme Yönetmeliği. Sayı: 28512. Ankara: T.C. Resmi Gazetesi.
- [50] Ekemen, Kamil Sami., Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı İş Sağlığı ve Güvenliği Uzmanlık Sertifika Kursu Ders Notları, ÇSGB, Ankara, 2004..
- [51] Gözüylmaz, Cem., ‘‘İş Sağlığı Ve Güvenliğine Sistemik Yaklaşım’’, Yüksek Lisans Tezi, ODTU, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makina Mühendisliği Bölümü, Ankara, 49 – 57, 2003..
- [52] Han, S. H., Kim, D. Y., Kim, H., ve Jang, W., ‘‘A web-based integrated system for international project risk assessment’’, Automation in Construction, cilt 17, sayı 3, ss. 342–356, 2008..
- [53] Brucks, M., Levav, J., & Gneezy, A. (2023). Emotion and Consumer Choice: A Behavioral Framework. Journal of Consumer Research, 50(1), 45–63. <https://doi.org/10.1093/jcr/ucad001>.
- [54] Leka, S. ve Cox, T., Creating healthy workplaces: Assessment and policy recommendations, Dünya Sağlık Örgütü (WHO), Cenevre, 2010..
- [55] Goetsch, D. L. (2018). Occupational Safety and Health for Technologists, Engineers, and Managers..
- [56] İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü, 2015; Çevrimiçi İnternetAdresi:<http://www.isguvenligiuzmani.com/riskdegerlendirme.html>..
- [57] T.C. Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı, Kişisel Koruyucu Donanım Yönetmeliği, Resmi Gazete Tarihi: 01.05.2019, Sayı: 30761..
- [58] Akın, L. ‘‘İş Sağlığı ve Güvenliğine İlişkin Bazı Öneriler’’, İşveren Dergisi, TİSK Yayını, Mayıs 2008, s. 5..
- [59] International Labour Organization (ILO) rehberleri İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü) yayınları 2015.
- [60] Özkılıç, Ö. (2005). İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetim Sistemleri ve Risk Değerlendirme Metodolojileri..
- [61] Şimşek, F., Uslu, E. ve Güneş, G., İş sağlığı ve güvenliği risk değerlendirmesi ve yönetimi, Pegem Akademi Yayınları, Ankara, 2020..

- [62] T.C. Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı, İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü. (2013). Ofislerde Risk Değerlendirmesi Rehberi. Erişim: https://www.bariserdem.com/pdf/ofislerde_risk_degerlendirme_rehberi.pdf.
- [63] Öz, İ. O., Korcan, E. S., & Bulduk, İ. (2018). Tekstil Sektöründe Termal Konfor Ölçümleri ve Alınacak Önlemlerin Değerlendirilmesi. Uşak Üniversitesi Fen ve Doğa Bilimleri Dergisi..
- [64] Eskiömeroğlu, B.2018. Tam Teşekküllü Spor Komplekslerinin Risk Analizlerinin Fine Kinney ve 5X5 L Matris Yöntemleri İle Yapılarak Karşılaştırılması. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Gedik Üniversitesi, İstanbul..
- [65] Bayraktaroğlu, Z.Ç. 2018. 3T Risk Değerlendirmesi, Fine Kinney, Hata Türü ve Etkileri Analizi (FMEA) Risk Analiz Yöntemlerinin Bir Üst Yapı Şantiyesinde Değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Yeni Yüzyıl Üniversitesi, İstanbul..
- [66] (NSW Health and Safety Guide, 2001). [44] Devren, M. 2016. Asansör Sistemlerinde FMEA ve Fine Kinney Metotlarının Risk Değerlendirmelerinin Karşılaştırılması. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Aydın Üniversitesi, İstanbul..
- [67] Devren, M. 2016. Asansör Sistemlerinde FMEA ve Fine Kinney Metotlarının Risk Değerlendirmelerinin Karşılaştırılması. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Aydın Üniversitesi, İstanbul..
- [68] Dirik, C.Statik Elektrik Kaynaklı Toz Patlamalarının FMEA Risk Analizi Yöntemi İle İncelenmesi ve Deneysel Analizi, Yüksek Lisans Tezi, Gediz Üniversitesi, İzmir, 2015..
- [69] Milli, A. Bir Hazır Giyim İşletmesinde İş Sağlığı Ve Güvenliği Kapsamında Hata Türleri Ve Etkileri Analizi (Failure Mode And Effect Analysis) Yöntemi İle Risk Analizi, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, An(4)..
- [70] Turgut, B. (2014). İş Güvenliği Risk Analizi ve Bir Yonga Levha Ünitesinde Örnek Uygulaması (Yüksek Lisans Tezi). Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Gebze.
- [71] Topuz, E. (2022). "Çalışanların Pozisyonlarına Göre Risk Algılarının Değişimi". Endüstri ve İş Güvenliği Araştırmaları Dergisi, 8(3), 91-103..
- [72] Dizdar, M., & Önder, A. (2023). İş sağlığı ve güvenliği farkındalığına etki eden faktörlerin analizi. İş Sağlığı ve Güvenliği Dergisi, 10(2), 115–129. <https://doi.org/10.xxxxxx/isd2023>.
- [73] Pehlivan, M., Ağır sanayi iş yerlerinde ramak kala olaylarının risk değerlendirme bilinci üzerine etkileri, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Sakarya, 2016.
- [74] [World's Top Cement Exporting Countries in 2023, World's Top Exports (WTEx), Erişim: Haziran 2024, <https://www.worldstopexports.com/cement-exports-country/>.
- [75] TS EN 197-1, Çimento- Bölüm 1: Genel çimentolar- Bileşim, özellikler ve uygunluk kriterleri, 2002..
- [76] Çavdar, A. (2004). Trabzon Yöresi Tüflerinin Çimentoda Tras Olarak Kullanılabilirliği, Çimento İnceliği ve Tras Oranının Traslı Çimentonun Özelliklerine Etkisi (Yüksek lisans tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği.
- [77] Yalnız H, (2006). Çimento Sanayii Hammadde Ocağı Üretim Planlaması, Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir..
- [78] Devlet Planlama Teşkilatı, 8. Kalkınma Planı Madencilik Özel İhtisas Raporu Endüstriyel Hammaddeler Alt Komisyonu Toprak Sanayii Hammaddeleri IV (Çimento Hammaddeleri) Çalışma Grubu Raporu, Ankara, 2001.
- [79] https://syb.subu.edu.tr/sites/syb.subu.edu.tr/files/inlinefiles/Risk%20Y%C3%B6netimi_0.pdf (Erişim Tarihi: 03.01.2024).
- [80] Eken, A. (2012). Türkiye'de Demir Cevheri Rezervleri ve Kullanımları. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi..

- [81] İSGGM. (2021). Çimento Endüstrisinde Risk Değerlendirme Rehberi. T.C. Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı, İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü..
- [82] Council of the European Communities. (1992, June 24). Council Directive 92/57/EEC on the implementation of minimum safety and health requirements at temporary or mobile construction sites. Official Journal of the European Communities, L 245, 6–22..
- [83] Çankaya, S., & Çankaya, S. (2015). Occupational health and safety in cement industry. Journal of International Scientific Publications: Ecology & Safety, 9(1000011), 243 50..
- [84] Pathak, A. (2019). Occupational Health & Safety in Cement industries. Int. J. Inst. Saf..
- [85] Etim, M. A., Babaremu, K., Lazarus, J., & Omole, D. (2021). Health risk and environmental assessment of cement production in Nigeria. Atmosphere, 12(9), 1111..
- [86] Putri, E., Lestari, M., Novrikasari, N., Andarini, D., Camelia, A., Fujianti, P., & Nurhaliza, T. (2021). Papyon Yöntemi: Çimento Üretim Sürecinde İş Sağlığı ve Güvenliği Risklerinin İncelenmesi. Medya Kesehatan Masyarakat Endonezya , 17 (4), 124- 133.
- [87] Khaviya, S., Kavitha, S., & Manoj, S. (2017). A risk assessment study on occupational hazards in cement industry. Int Res J Eng Technol, 4, 12.
- [88]] Yağımlı, M. H. Tozan (2017). İş Sağlığı ve Güvenliği Temel Eğitimi. İstanbul, Türkiye: Beta yayıncılık.
- [89] Uzar, Aİ, Kayahan C. Travma kinematiği. Ertekin C, Taviloğlu K, Güloğlu R, Kurtoğlu M. (2005). Travma.1.Baskı, İstanbul: İstanbul Medikal Yayıncılık:33-45..
- [90] Ademola, E., Akinbode, J., & Sokefun, E. (2018). Effects of occupational hazards on workers' performance in Nigeria's cement industry. E-Journal of International and Comparative Labour Studies.
- [91] TÇMB. (2023). Kalker Ocaklarında Toz Kontrolü ve İş Güvenliği Uygulamaları. Türkiye Çimento Müstahsilleri Birliği Yayınları.
- [92] ÇŞİDB. (2022). Tozla Mücadele Yönetmeliği. T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı.
- [93] ÇŞİDB. (2022). Sanayi Tesislerinde Emisyon ve Toz Kontrol Rehberi. T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı Yayınları.
- [94] Çelik, M. (2021). Taş Ocaklarında Patlatma Kaynaklı Toz Emisyonlarının Değerlendirilmesi (Yüksek Lisans Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü). Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi, Tez No: 650987.
- [95] Demirtaş, M. (2020). Taş Ocaklarında Toz Emisyonlarının Belirlenmesi ve Kontrol Yöntemlerinin İncelenmesi (Yüksek Lisans Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Afyonkarahisar).
- [96] Yıldız, A. & Kurtuluş, Ş. (2019). Açık ocak madenciliğinde toz oluşumuna etki eden faktörler ve kontrol yöntemleri üzerine bir değerlendirme. Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 19(4), 798–808.
- [97] Yalçın, M., Kalker Ocaklarında Tozla Mücadelede Etkin Uygulamalar. İş Sağlığı ve Güvenliği Dergisi, 6(1), 34-46., (2019).
- [98] Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı (ÇSGB). Tozlu Ortamlarda Risk Değerlendirmesi Rehberi., Tozlu Ortamlarda Risk Değerlendirmesi Rehberi., (2022).
- [99] Demirtaş, A. Farin Değirmenlerinde İş Sağlığı ve Güvenliği Uygulamaları., Endüstriyel Hijyen Dergisi, 5(3), 19–28., (2021).
- [100] Erdem, M., Çimento Fırınlarında Toz Yayılımı ve İSG Uygulamaları. Endüstriyel Sağlık ve Güvenlik Dergisi, 5(2), 66–72., (2021).
- [101] Demir, A. Çimento Üretim Süreçlerinde Toz Kontrol Sistemlerinin Risk Azaltmadaki Rolü., Endüstriyel Güvenlik ve Sağlık Dergisi, 6(2), 58–66., (2020).

- [102] Akgün, E. Endüstriyel Tesislerde Havalandırma ve Tozla Mücadele Teknikleri., İSG Mühendisliği Dergisi, 9(2), 51–58., (2021).
- [103] Akalın, B. Çimento sektöründe toz maruziyeti ve sağlık etkileri üzerine bir değerlendirme., İş Sağlığı ve Güvenliği Dergisi, 12(3), 67–74., (2019).
- [104] Kaya, M. Çimento fabrikalarında solunabilir tozların sağlık etkileri., İSG Uygulamaları ve Araştırmaları Dergisi, 6(1), 45–51., (2017).
- [105] IARC. Cement Dust., IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans, Vol. 100C., (2012).
- [106] İSGÜM – İş Sağlığı ve Güvenliği Enstitüsü Müdürlüğü (2022).
- [107] T.C. Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı (ÇSGB). Tozla Mücadele Rehberi. İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü Yayınları., Ankara.(2022).



ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Atilla YILMAZ

ARAŞTIRMACI BİLGİLERİ

Öğrenci Orcid ID

: 0000-0002-3773-5487

EĞİTİM BİLGİLERİ

Yük. Lisans	: Fırat Üniv.Fen Bil.Enstitüsü İnş.Müh.Tkn.Yapı Malz.B.D.– Elazığ – 2023
Yük. Lisans	: Fırat Üniv.Eğitim Bil.Enstitüsü Eğt.Yön. Tetf. Ekn.D. – Elazığ – 2014
Lisans	: İnönü Üniv.Eğitim Fak. İlk. Matematik Öğretmenliği – Malatya – 2002
Lisans	: Anadolu Üniv. İkt.İdr. Bilm. Fak. Kamu Yönetimi – Eskişehir– 2015
Lisans	: Fırat Üniv.Tekn. Fak. İnşaat Mühendisliği – Elazığ –2019
Ön Lisans	: Anadolu Üniv. M.Y.O. Adalet – Eskişehir - 2019
Lise	: Elazığ Lisesi - Elazığ - 1997

ARAŞTIRMA DENEYİMİ

- ✓ Geopolimer harçların basınç dayanımı, Eğilme Dayanımı, Donma-Çözülme dayanıklılığı, Kendi kendini temizleme, Mikro yapı analizi
- ✓ Word, Excel, Power Point, AutoCAD, Sta4CAD

YAYINLAR

Uluslararası hakemli dergilerde yayınlanan makaleler

- ✓ Self-Cleaning Performance of Basalt Fiber–Reinforced GGBS-Based Geopolymer Mortar Containing Nano TiO₂ (*Dergi: Journal of Materials in Civil Engineering* 36 /8), 04024205) (*Yayıncı: American Society of Civil Engineers*)

İŞ DENEYİMİ

2002 – 2004	: MEB-Matematik Öğretmenliği – Darende - Malatya
2002 – 2013	: MEB-Matematik Öğretmenliği – Kovancılar-Elazığ
2013 – 2014	: MEB- Müdür Yardımcılığı – Kovancılar - Elazığ
2015 – Devam	: MEB- Öğretmenevi ve ASO Müdürü - Elazığ