

**T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**BOYA ÜRETİM FABRİKASININ YANGIN GÜVENLİĞİ VE FINE-
KINNEY ANALİZ METODU İLE YANGIN RİSKİNİN
DEĞERLENDİRİLMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Fatih GÜLLE

Yangın ve Yangın Güvenliği Anabilim Dalı

ŞUBAT 2025

**T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**BOYA ÜRETİM FABRİKASININ YANGIN GÜVENLİĞİ VE FINE-
KINNEY ANALİZ METODU İLE YANGIN RİSKİNİN
DEĞERLENDİRİLMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Fatih GÜLLE

Yangın ve Yangın Güvenliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Mustafa Şahin DÜNDAR

ŞUBAT 2025

Fatih GÜLLE tarafından hazırlanan “Boya Üretim Fabrikasının Yangın Güvenliği ve Fine Kinney Analiz Metodu İle Yangın Riskinin Değerlendirilmesi” adlı tez çalışması 11.02.2025 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yangın ve Yangın Güvenliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Jürisi

Jüri Başkanı :	Prof. Dr. M. Şahin DÜNDAR Sakarya Üniversitesi	
Jüri Üyesi :	Prof. Dr. Esra ALTINTIĞ Sakarya Uygulmalı Bilimler Üniversitesi	
Jüri Üyesi :	Doç. Dr. Gökhan COŞKUN Sakarya Üniversitesi	



ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ

Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Lisansüstü Eğitim-Öğretim Yönetmeliğine ve Yükseköğretim Kurumları Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Yönergesine uygun olarak hazırlamış olduğum “BOYA ÜRETİM FABRİKASININ YANGIN GÜVENLİĞİ VE FINE-KINNEY ANALİZ METODU İLE YANGIN RİSKİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ” başlıklı tezin bana ait, özgün bir çalışma olduğunu; çalışmamın tüm aşamalarında yukarıda belirtilen yönetmelik ve yönergeye uygun davrandığımı, tezin içerdiği yenilik ve sonuçları başka bir yerden almadığımı, tezde kullandığım eserleri usulüne göre kaynak olarak gösterdiğimi, bu tezi başka bir bilim kuruluna akademik amaç ve unvan almak amacıyla vermediğimi ve 20.04.2016 tarihli Resmi Gazete’de yayımlanan Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin 9/2 ve 22/2 maddeleri gereğince Sakarya Üniversitesi’nin abonesi olduğu intihal yazılım programı kullanılarak Enstitü tarafından belirlenmiş ölçütlere uygun rapor alındığını, çalışmamla ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun ortaya çıkması halinde doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi beyan ederim.

11/02/2025

Fatih Gölle





Güzel eşim ve evimizin neşesi Phantom'a...



TEŞEKKÜR

Tez çalışması sürecimde desteklerini esirgemeyen ve engin bilgileriyle bana ışık tutan Sayın Prof. Dr. Mustafa Şahin DÜNDAR hocama teşekkürü bir borç bilirim. Bu yaşıma gelmemde büyük emekleri olan sevgili anne ve babama, hayattaki en büyük şansım canım eşim Burcu SARIGÜL GÜLLE'ye bu süreçteki destekleri için sonsuz teşekkür ederim.



Fatih Gülle



İÇİNDEKİLER

Sayfa

ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ	v
TEŞEKKÜR	ix
İÇİNDEKİLER	xi
KISALTMALAR	xiii
SİMGELER	xv
TABLO LİSTESİ	xvii
ŞEKİL LİSTESİ	xix
ÖZET	xxi
SUMMARY	xxiii
1. GİRİŞ	1
2. YANMA VE YANGIN İLE İLGİLİ GENEL BİLGİLER	3
2.1. Yanma ve Yangın	3
2.2. Yangın Kimyası	4
2.3. Yanma Türleri	6
2.3.1. Reaksiyon tipine göre yanma	6
2.3.2. Yanma şekline göre yanma	7
2.4. Yangının Gelişim Evreleri	9
2.4.1. Yangının başlangıç evresi	10
2.4.2. Yangının gelişim evresi	11
2.4.3. Tam gelişmiş yangın evresi	11
2.4.4. Korlanma (sönme) evresi	12
2.5. Yangının Etkileri	12
2.5.1. Sıcaklık etkisi	13
2.5.2. Duman etkisi	13
2.5.3. Zehirli gaz etkisi	13
2.6. Yangının Yayılma Çeşitleri	13
2.6.1. Konveksiyon (Taşınım)	14
2.6.2. Kondüksiyon (İletim)	15
2.6.3. Radyasyon (Işınım)	16
2.7. Yangın Sınıfları	17
2.7.1. A sınıfı	18
2.7.2. B sınıfı	19
2.7.3. C sınıfı	19
2.7.4. D sınıfı	20
2.7.5. F sınıfı	20
2.8. Yangın Güvenlik Önlemleri	21
2.8.1. Pasif güvenlik önlemleri	21
2.8.1.1. Yangın kompartımanı	21
2.8.1.2. Havalandırma kanalı damperi	22
2.8.1.3. Kaçış merdivenleri (yangın merdivenleri)	22
2.8.1.4. Yangın tahliye kapıları	23

2.8.1.5. Acil aydınlatma sistemleri	23
2.8.1.6. Acil durum yönlendirmesi	24
2.8.2. Aktif güvenlik önlemleri	24
2.8.2.1. Yangın söndürme cihazları	25
2.8.2.2. Manuel ve otomatik alarm sistemleri	25
2.8.2.3. Sulu söndürme sistemleri	26
3. BOYALARLA İLGİLİ GENEL BİLGİLER	27
3.1. Boya Çeşitleri	27
3.2. Boyaların Yapısı	28
3.3. Boyaların Kimyasal Sınıflandırılması	29
3.4. Boya Üretim Yöntemi ve Teknolojisi	34
3.4.1. Boya üretim süreçleri	35
3.4.2. Ön birleştirme ve ilk karıştırma	36
3.4.3. Ezme ve dağıtma	37
3.4.4. Formül tamamlama ve bitirme	37
3.4.5. Dolum.....	38
4. MATERYAL VE METOT	39
4.1. Risk Değerlendirme Yöntemi.....	39
4.1.1. Tehlike ve işletilebilirlik metodu (HAZOP)	41
4.1.2. Risk değerlendirme karar matrisi (L matrisi).....	42
4.1.3. Kontrol listesi metodu	42
4.1.4. Fine-Kinney risk analiz metodu	42
5. ARAŞTIRMA BULGULARI	47
5.1. Boya Üretim Fabrikasındaki Yangın Risk Değerlendirmesi	47
6. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	59
KAYNAKLAR.....	61
ÖZGEÇMİŞ	65

KISALTMALAR

ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
DÖF	: Düzenleyici önleyici faaliyetler
E	: Etki
F	: Frekans
İ	: İhmal
LPG	: Likit petrol gazı
NFPA	: National Fire Protection Association
R	: Risk değeri



SİMGELER

%	: Yüzde
C	: Karbon
CO₂	: Kabondioksit
H₂O	: Su
O₂	: Oksijen





TABLO LİSTESİ

Sayfa

Tablo 2.1. Kıtalara göre yangın sınıfları	18
Tablo 3.1. Boya bileşenlerinin risk sınırları	29
Tablo 4.1. Risk kontrol önlemleri hiyerarşisi	40
Tablo 4.2. L tipi risk değerlendirme matrisi	42
Tablo 4.3. Fine-Kinney etki değeri tablosu	43
Tablo 4.4. Fine-Kinney frekans değeri tablosu	44
Tablo 4.5. Fine-Kinney İhtimal değeri tablosu	44
Tablo 4.6. Risk düzeyine göre karar ve eylemler.....	46
Tablo 5.1. Boya üretim fabrikası yangın risk değerlendirme tablosu	48



ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1. Prizmatik yangın üçgeni	4
Şekil 2.2. Reaksiyon türüne göre yanma	6
Şekil 2.3. Yanma tipine göre yanma.....	7
Şekil 2.4. Demirin paslanması	7
Şekil 2.5. Korlaşma örneği	8
Şekil 2.6. Parlama-patlama şeklinde yanma	9
Şekil 2.7. Detonasyon	9
Şekil 2.8. Yangın gelişim evreleri.....	10
Şekil 2.9. Isı transferi çeşitleri.	14
Şekil 2.10. Taşınım ile ısı transferi	15
Şekil 2.11. İletim ile ısı transferi.....	16
Şekil 2.12. Işınım ile sıcaklık arasındaki ilişki	17
Şekil 2.13. Işınım ile ısı transferi.....	17
Şekil 2.14. A sınıfı yangın..	19
Şekil 2.15. B sınıfı yangın..	19
Şekil 2.16. C sınıfı yangın	20
Şekil 2.17. D sınıfı yangın	20
Şekil 2.18. F sınıfı yangın.....	21
Şekil 2.19. Havalandırma kanalı damperi.....	22
Şekil 2.20. Yangın merdivenleri	23
Şekil 2.21. Yangın tahliye kapıları	23
Şekil 2.22. Acil durum aydınlatmaları.....	24
Şekil 2.23. Acil durum levhaları	24
Şekil 2.24. Yangın söndürme cihazları.	25
Şekil 2.25. Yangın alarm sistemleri.....	26
Şekil 2.26. Sulu söndürme sistemleri örneği (sprink).....	26
Şekil 3.1. Boya görseli	27
Şekil 3.2. Azo sınıfı boya örneği	30
Şekil 3.3. Antrakinin boya maddesi	30
Şekil 3.4. Doğadan elde edilen antrakinin boya maddeleri.....	31
Şekil 3.5. İndigo boya örneği.....	31
Şekil 3.6. Trifenilmetan boya örneği	32
Şekil 3.7. Nitro boya örneği.....	32
Şekil 3.8. Ftalosiyanın boya örneği	33
Şekil 3.9. Mordan boya örneği.....	33
Şekil 3.10. Pigment boya örneği	34
Şekil 3.11. Boya üretim tesisi	34
Şekil 3.12. Boya üretim akış şeması	36
Şekil 3.13. İlk karıştırma ünitesi süreç akışı	37
Şekil 4.1. Risk yönetim süreci	41
Şekil 5.1. Mevcut risk değerlerinin yüzdelik dağılımı grafiği.....	55

Şekil 5.2. DÖF sonrası risk değerlerinin yüzdelik dağılımı grafiği. 56



BOYA ÜRETİM FABRİKASININ YANGIN GÜVENLİĞİ VE FINE-KINNEY ANALİZ METODU İLE YANGIN RİSKİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

ÖZET

Yakıt ve oksidan kimyasal bir reaksiyona girdiğinde yanma meydana gelir. Yanma sonrasında ısı, ışık ve duman açığa çıkar. Yanma kontrolden çıktığında buna yangın denir. Yangının nedenleri genellikle cehalet, dikkatsizlik/ihmal, pervasızlık, sıçrama (çevredeki yangından yayılma), sabotaj, doğal olaylar ve kazalardır. Yangın, yangın tetrahedronunun herhangi bir elemanı çıkarılarak söndürülebilir. Yangın aşağıdakilerden herhangi biriyle söndürülebilir:

- Gaz beslemesini kapatmak, yani yakıt kaynağını ortadan kaldırmak,
- Alevi tamamen örtmek, yanma sırasında hem mevcut oksidantı (havadaki oksijen) kullanmak hem de alevin etrafındaki alandan CO₂'yi uzaklaştırmak,
- Mevcut oksidantı değiştirerek alevi söndüren karbondioksit gibi inert bir gaz uygulamak,
- Yangından ısıyı, yangının üretebileceğinden daha hızlı uzaklaştıran su uygulamak (benzer şekilde, aleve sertçe üfleme, aynı amaçla, yakıt kaynağından zaten yanan gazdan ısıyı uzaklaştırır),
- Aleve Halon gibi geciktirici bir kimyasal uygulamak (bazı ülkelerde 2023 itibarıyla büyük ölçüde yasaklanmıştır), bu da yanma hızı zincirleme reaksiyonu sürdüremeyecek kadar yavaşlayana kadar kimyasal reaksiyonun kendisini geciktirir.

Çağdaş boyalar ve kaplamalar, yüz binlerce uygulamanın çeşitli gereksinimlerini karşılamak üzere formüle edilmiş sayısız bileşikten oluşmaktadır. Boyalar birçok tüketicinin evlerini dekore etmek ve korumak için kullandığı geniş çevre dostu lateks boya grubundan ve yiyecek kaplarının iç kısımlarını kaplayan yarı saydam kaplamalardan, otomobil üreticilerinin montaj hattında uyguladığı kimyasal olarak karmaşık çok bileşenli son katlara kadar uzanır. Boyalar mağara duvarlarındaki basit ilk insan renklerinden eşyalarımız ve çevremiz arasında birincil koruyucu bariyere kadar evrildi.

Boyanın birçok alanda hayatımızda olmasının olumlu yönleri bulunmasına karşı içeriğindeki bileşiklerin yangın riski oldukça yüksektir. Bu sebeple boya üretimi yapan işletmelerde de boya içerisindeki bileşiklerden dolayı yangın riski bulunmaktadır. Binaların yangından korunabilmesi için günümüzde Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelik, 6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu ve İş Sağlığı ve Güvenliği Risk Değerlendirme Yönetmeliği'nde kapalı alanlarda yangın riskinin azaltılması veya kabul edilebilir seviyeye indirilmesi amacıyla risk analizi yapılmasını zorunlu hale getirmiştir.

Tez çalışması kapsamında boya üretim fabrikasındaki yangın risklerine odaklanılmıştır. Bu kapsamda öngörülen tehlikeler detaylı bir şekilde incelenmiş ve yangın risklerinin azaltılması için Fine-Kinney analiz yöntemi kullanılmıştır.

İşletmelerdeki risklerle ilgili birçok analiz yöntemi kullanılsa da Fine-Kinney metodunda sayısal verilerin kullanılması yapılan çalışmalara objektif değerlendirmeler kazandırmıştır. Bu sebeple yangın risk değerlendirmesinde Fine-Kinney analiz metodu tercih edilmiştir.

Bu alışmada Eskişehir’de bulunan bir boya fabrikasında yangına sebep olabilecek potansiyeller belirlenerek Fine-Kinney analiz metoduyla risk dereceleri hesaplanmıştır. Hesaplanan risk değerleri Fine-Kinney metoduna göre sınıflandırılmış bu sınıflandırmalara göre risklerin kabul edilebilir seviye olan 20’nin altına indirilmesi için dzeltici ve önleyici faaliyetler uygulanmıştır.



FIRE SAFETY OF PAINT PRODUCTION FACTORY AND ASSESSMENT OF FIRE RISK USING FINE-KINNEY ANALYSIS METHOD

SUMMARY

When fuel and oxidant enter into a chemical reaction, combustion occurs. Heat, light and smoke are released after combustion. When combustion goes out of control, it is called a fire. Causes of fire are generally ignorance, carelessness/neglect, recklessness, splash (spread from surrounding fire), sabotage, natural events and accidents. Fire can be extinguished by removing any element of the fire tetrahedron. The fire can be extinguished by any of the following:

- Turning off the gas supply, i.e. removing the fuel source,
- Completely covering the flame, which uses both the existing oxidant (oxygen in the air) during combustion and removes CO₂ from the area around the flame,
- Applying an inert gas such as carbon dioxide, which extinguishes the flame by replacing the existing oxidant,
- Applying water, which removes heat from the fire faster than the fire can produce it (similarly, blowing hard on the flame removes heat from the fuel source from the already burning gas, for the same purpose),
- Applying a retardant chemical such as Halon (largely banned in some countries as of 2023) to the flame, which delays the chemical reaction itself until the rate of combustion is too slow to sustain a chain reaction.

Contemporary paints and coatings are composed of countless compounds formulated to meet the diverse needs of hundreds of thousands of applications. Paints range from the broad range of environmentally friendly latex paints that many consumers use to decorate and protect their homes, and the translucent coatings that cover the insides of food containers, to the chemically complex multi-component finishes that automobile manufacturers apply on the assembly line. Paints have evolved from simple primitive colors on cave walls to the primary protective barrier between our belongings and our environment.

Paints are produced for various purposes. One of the basic compounds of paints is pigments. In addition to pigments, binders, thinners and additives also constitute the content of paints. Paints obtained from raw materials used in paint production are examined in four groups: According to the drying method, according to the place of use, according to the solvent used and according to the resin used. Examples of paint types according to four different methods are given below.

- According to Drying Method:
 - Physical drying paints,
 - Chemical drying paints.

- According to Properties
 - Construction paint
 - Wood paint
 - Floor paints
 - Oil paint
 - Automotive paints
 - Ship paints
 - Pastel paint
 - Marking paints
 - Acrylic paint
 - Shoe polish
 - Aerosol paint
 - Lead paint
 - Enamel paint
 - Tempera
 - Gram paint
- According to Environmental Impact
 - Water-based paints
 - Solvent-based paints
- According to Resin
 - Cellulosic paints
 - UV paints
 - Epoxy paints
 - Synthetic paints
 - Polyurethane paints
 - Polyester paints
 - Acid-cured paints
 - Moisture-cured paints
 - Water-based paints

Paints go through various production processes. It usually starts with the pre-assembly and initial mixing process. Then, it is finished with the crushing of the mixture, formula completion, filtering and filling.

Despite the positive aspects of paint's presence in many areas of our lives, the compounds it contains pose a high risk of fire. For this reason, paint manufacturing businesses also face a fire risk due to the compounds in paint. In order to protect buildings from fire, today, the Regulation on the Protection of Buildings from Fire, the Occupational Health and Safety Law No. 6331, and the Occupational Health and

Safety Risk Assessment Regulation have made it mandatory to conduct risk analysis in order to reduce fire risk in workplaces or reduce it to an acceptable level.

Risk management consists of six steps:

- Identification of hazards; It forms the basis of the step. It is the determination of factors that could potentially cause harm or damage within the company.
- Identification of risks; Identified hazards are analyzed in detail and the risks that may occur due to these hazards are determined.
- Risk assessment; Risks are analyzed and procedures are prepared, risk levels are compared with previously determined values. Measures are evaluated for risks that cannot be reduced to an acceptable value.
- Determination of control measures; Reducing the severity of the risk, eliminating hazards and risk are evaluated. It evaluates the reduction of the risk to an acceptable level by the detected measures.
- Implementation of control measures; It is the implementation of the control measures in the first four items. Control measures are applied with easy methods and at low cost for low-risk groups. Control measures should be determined quickly in high-risk groups.
- Monitoring and review; A new hazard may emerge over time or may be overlooked in other methods. Therefore, this is the step where risks are constantly monitored to reduce these possibilities. Whether the targeted results have been achieved is also checked at this stage. Today, there are various methods related to risk management methods. The main ones are: HAZOP method, L matrix method, checklist method and Fine-Kinney risk analysis method.

The focus of the thesis study is on fire risks in paint manufacturing plants. In this context, the anticipated hazards were examined in detail and the Fine-Kinney analysis method was used to reduce fire risks. Although many analysis methods are used regarding risks in businesses, the use of numerical data in the Fine-Kinney method provided objective evaluations to the studies conducted. For this reason, the Fine-Kinney analysis method was preferred in fire risk assessment.

The Fine-Kinney analysis method is used more in risk assessments than other research methods. The main reason for this situation is its practical applicability and the more precise analysis. In the Fine-Kinney analysis method, impact, frequency and probability factors can be examined separately, supporting the improvement of current methods.

The Fine-Kinney method can calculate the weight ratios of risks by prioritizing risks and using resources effectively. After the weight ratios are calculated, it rates them and helps decide when precautions should be taken. At the same time, since the statistics of the companies are used, it contributes to obtaining more realistic results. In the Fine-Kinney analysis, the risk degree (R) is determined using the Probability (I), Impact (E) and Frequency (F) scales.

In this study, the potentials that could cause fire in a paint factory in Eskişehir were determined and risk levels were calculated with the Fine-Kinney analysis method. The calculated risk values were classified according to the Fine-Kinney method, and corrective and preventive actions were implemented to reduce the risks to acceptable levels (<20) according to these classifications.

As a result of the study, 14 very high risks, 9 high risks, 3 important risks, 2 definite risks and 2 acceptable risks were determined as a result of the risk calculation made for 30 areas in the fire risk analysis of the paint production factory. After the implementation of the regulatory preventive factors, the risk assessment was repeated and the very high risk situation was eliminated and other risk groups were tried to be reduced to acceptable levels.



1. GİRİŞ

Yangın, yanıcı bir yakıtta depolanan ısınn gaza dönüştürüldüğü bir kimyasal reaksiyonun yan ürünüdür. İşyeri yangınları, dünya çapındaki çoğu endüstrinin iş güvenliğine yönelik en büyük zorluklardan biridir. Yakın geçmişte üretim endüstrilerinde can kaybına, yaşamı tehdit eden yaralanmalara, iş ve yatırım fırsatlarının kaybına yol açan birkaç yangın olayı yaşanmıştır. İşyeri yangınları, dünya çapındaki işyerlerinin çoğunda güvenliğe yönelik en büyük tehdit olmaya devam etmektedir. İstatistikler, Endüstriyel dünyada, her yıl genellikle milyon nüfus başına 10 ila 20 yangın ölümünün olduğunu ortaya koymuştur [1].

Boyalar günlük hayatımızın büyük bölümünde yer almaktadır. Özellikle üretilen nesnelerin/yapıların dış etkenlerden korunması bunların başında yer almaktadır. Boyalar, yapı ve ekipmanları daha iyi durumda tutmaya, altyapıların, binaların ve ekipmanların güvenli bir şekilde kullanılmasına olanak sağlamaktadır. Boyaların tüm bu yararlarının yanı sıra boyalar içerisinde bulunan bileşiklerin yangın riski bulunmaktadır.

Boya kullanılan fabrikalardaki yangınlar genellikle boya bileşiklerinden biri olan solventlerden kaynaklanmaktadır. Solventlerin buharlaşma sıcaklıkları düşük olduğu için kolay yanma ya da patlama riski yüksektir. Bu sebeple kullanılan bileşiklerin tutuşma ve patlama etkilerinin az olması istenmektedir. Solvent buharı gerekli önlemlerin alınmadığı durumlarda patlama kazaları oluşturabilmektedir. Bir ortamda yangın ya da patlama, üç ana bileşenin bir arada olmasıyla meydana gelmektedir: yanıcı madde, oksitleyici madde ve alev kaynağı. Kolay tutuşabilen solvent buharı hava ile gerekli etkileşimde bulunduğunda ve bu etkileşimle birlikte alev kaynağının ortama girmesiyle hızlı yanma ya da patlama oluşturabilir. Bu sebeple boya üretim fabrikalarında kullanılan kimyasalların yanma, parlama ve patlama risklerinin belirlenmesi büyük önem arz etmektedir.

Bir boya üretim fabrikasında yangına sebep olabilecek etkenler aşağıdaki şekilde sıralanmıştır:

- Fabrikanın fiziksel yapısının yetersizliği/düzensizliği,

- Standartlara uymayan elektrik donanımları,
- Makine ve teçhizatların uygunsuz kullanımı,
- İzinsiz ve kontrolsüz ateşli çalışmalar,
- Statik elektrik oluşturabilecek yapılar (izolasyonun olmaması, kıyafetler vb.),
- Isıtma cihazlarının ve havalandırma sisteminin periyodik bakımının yapılmaması,
- Personelin yangın ve yangın güvenliği hakkında eğitilmemesi.

Boya üretim fabrikalarında yangına sebep olabilecek riskleri azaltmak ya da ortadan kaldırmak için çeşitli analiz yöntemleri kullanılmaktadır. Bu tez araştırmasındaki amaç Fine-Kinney risk analizi yöntemi ile Eskişehir'deki özel bir boya üretim fabrikasındaki tehlikeli durumlar tespit etmek ve düzenleyici önleyici faktörleri belirleyerek yangın risklerini azaltmaya/ortadan kaldırmaya yönelik çalışmaları yapmaktır. Yapılan bu çalışma sayesinde boya üretim fabrikasında yangının çıkmasını bertaraf etmek ve bu olayın yaşanması durumunda can ve mal kaybını azaltmak amaçlanmıştır.

2. YANMA VE YANGIN İLE İLGİLİ GENEL BİLGİLER

Bu bölümde yanma ve yangın kavramının tanımı, yanma türleri, yangın kimyası, yangının etkileri ve yayılma çeşitleri, yangın sınıfları ve yangın güvenlik önlemleri başlıkları altında genel literatür bilgilerine yer verilmiştir.

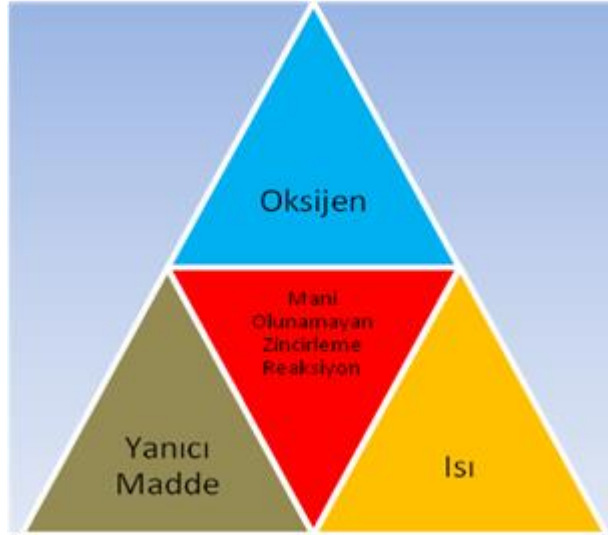
2.1. Yanma ve Yangın

Yanma, yakıt ve oksitleyicinin kimyasal reaksiyona girerek ısı enerjisi açığa çıkarması olayıdır. Yanma şekli maddenin özelliklerine göre korlu, alevli ya da alev ve korlu şeklinde olabilmektedir. Yanma olayı sonucunda yoğunlukları benzer olmayan ısı, ışık ve duman açığa çıkmaktadır. Yanma kontrol dışına çıktığında ise yangın olarak adlandırılmaktadır. Yangın sebepleri genellikle bilgisizlik, ihmal, önlemsizlik, sıçrama (çevredeki yangından etkilenme), sabotaj, doğa olayları ve kazalardır. Yangının dört temel yapı taşı vardır: yanabilen madde, oksijen, yanabilen maddeyi tutuşma sıcaklığına kadar ısıtan ısı kaynağı, yükseltgenme başladıktan sonra devreye giren zincirleme reaksiyonudur.

Yanabilen Madde: Yanma sürecinin başlaması için bir yanıcı madde gereklidir. Yanıcı maddeler katı, sıvı veya gaz halinde olabilir ve genellikle organik veya inorganik maddelerdir.

Oksijen: Oksijen, kendi başına yanıcı özelliği olmamakla birlikte sadece yanıcı maddelerle belirli oranda bir araya geldiğinde yanmayı başlatan kokusuz ve renksiz bir gazdır. Yanmanın sürekli hale gelebilmesi için ortamda katı ve sıvı yangınlarda %16, gaz yangınlarında ise %12 oranında oksijen olması yeterlidir.

Isı (Ateş): Yanma olayının oluşması için önemli etkenlerden biri de ısı kaynağıdır. Yanıcı madde ile oksijen sürekli temas halinde olduğu için yanma, ısının ortama girmesiyle başlamaktadır. Yanma olayında yanan maddelerin tutuşma sıcaklığına çıkması gerekmektedir [2]. Şekil 2.1'de prizmatik yangın üçgeni gösterilmektedir.



Şekil 2.1. Prizmatik yangın üçgeni [3].

2.2. Yangın Kimyası

Yangın, bir yakıt ve bir oksitleyici maddenin reaksiyona girerek karbondioksit ve su verdiği bir kimyasal işlemdir. Yanma reaksiyonu olarak bilinen bu işlem doğrudan ilerlemez ve ara maddeleri içerir. Oksitleyici madde tipik olarak oksijen olsa da diğer bileşikler de bu rolü yerine getirebilir. Örneğin, klor triflorür kumu tutuşturabilir.

Yangınlar, yanıcı veya tutuşabilir bir malzeme, oksijen gazı veya başka bir oksijen açısından zengin bileşik (oksijensiz oksitleyiciler de mevcuttur) gibi yeterli miktarda bir oksitleyici ile birleştiğinde, yakıt /oksitleyici karışımı için parlama noktasının üzerindeki bir ısı kaynağına veya ortam sıcaklığına maruz kaldığında ve zincirleme reaksiyon üreten hızlı bir oksidasyon oranını sürdürebildiğinde başlar . Buna genellikle yangın tetrahedronu denir. Yangın, tüm bu elementler yerinde ve doğru oranlarda olmadan var olamaz. Örneğin, yanıcı bir sıvı yalnızca yakıt ve oksijen doğru oranlardaysa yanmaya başlar. Bazı yakıt-oksijen karışımları, yanma sırasında herhangi bir kimyasal reaksiyonda eklendiğinde tüketilmeyen, ancak tepkime maddelerinin daha kolay yanmasını sağlayan bir madde olan bir katalizör gerektirebilir. Yanma süreci, aşağıdaki basit denklemle ifade edilebilir:

Yakıt + Oksijen → Karbondioksit + Su + Enerji (ısı ve ışık)



Bir yangın bir kez tutuştuktan sonra, yanma sürecinde daha fazla ısı enerjisinin açığa çıkmasıyla kendi ısını koruyabilen ve sürekli bir oksitleyici ve yakıt kaynağı olması koşuluyla yayılabilen bir zincirleme reaksiyon meydana gelmelidir [4].

Oksitleyici çevredeki havadan gelen oksijen ise, yanma ürünlerini uzaklaştıran ve yangına oksijen sağlayan konveksiyonu üretmek için yerçekimi kuvvetinin veya ivmelenmeden kaynaklanan benzer bir kuvvetin varlığı gerekir. Yerçekimi olmadan, yangın hızla kendi yanma ürünleri ve havadan gelen oksitleyici olmayan gazlarla çevrelenir, bu da oksijeni dışlar ve yangını söndürür. Bu nedenle, atalet uçuşunda seyreden bir uzay aracında yangın riski düşüktür. Bu, oksijenin yangına termal konveksiyon dışındaki bir işlemle sağlanması durumunda geçerli değildir [4].

Yangın, yangın tetrahedronunun herhangi bir ögesinin çıkarılmasıyla söndürülebilir. Yangın aşağıdakilerden herhangi biriyle söndürülebilir:

- Gaz beslemesinin kapatılması, yani yakıt kaynağının ortadan kaldırılması,
- Alevi tamamen örten, yanma sırasında hem mevcut oksitleyici (havadaki oksijen) kullanılır hem de CO₂ ile alevin etrafındaki alandan uzaklaştırılır,
- Karbondioksit gibi inert bir gazın uygulanması , mevcut oksitleyicinin yerini alarak alevin söndürülmesi,
- Suyun uygulanması, yangının üretebileceğinden daha hızlı bir şekilde yangından ısıyı uzaklaştırır (benzer şekilde, aleve sertçe üfleme, aynı amaçla, halihazırda yanan gazın ısını yakıt kaynağından uzaklaştırır),
- Halon gibi geciktirici bir kimyasalın (2023 itibarıyla bazı ülkelerde büyük ölçüde yasaklanmıştır) aleve uygulanması, yanma hızı zincirleme reaksiyonu sürdüremeyecek kadar yavaşlayana kadar kimyasal reaksiyonun kendisini geciktirir.

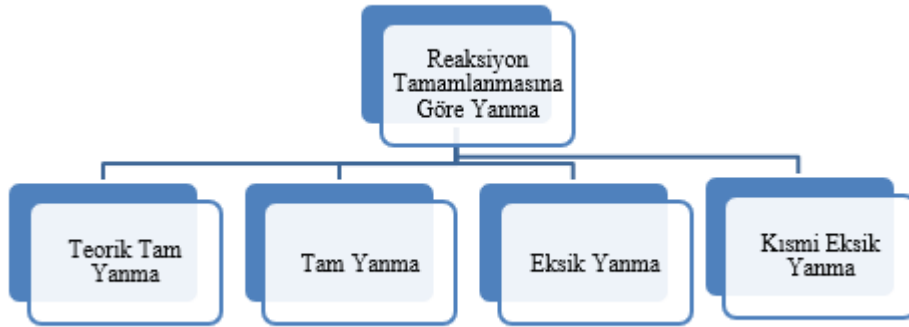
Buna karşılık, yangın genel yanma oranını artırarak yoğunlaştırılır. Bunu yapmanın yöntemleri arasında yakıt ve oksitleyici girdisini stokiyometrik oranlarda dengelemek, bu dengeli karışımdaki yakıt ve oksitleyici girdisini artırmak, yangının kendi ısısının yanmayı daha iyi sürdürebilmesi için ortam sıcaklığını artırmak veya yakıt ve oksitleyicinin daha kolay tepkimeye girebileceği tepkimeye girmeyen bir ortam olan katalizör sağlamak yer alır [4].

2.3. Yanma Türleri

Yanma, reaksiyon tipine ve şekline göre ikiye ayrılmaktadır.

2.3.1. Reaksiyon tipine göre yanma

Reaksiyon tipine göre yanma dört başlık altında toplanabilir [5]. Şekil 2.2’de reaksiyon türüne göre yanma çeşitleri verilmiştir.



Şekil 2.2. Reaksiyon türüne göre yanma [5].

Teorik Tam Yanma: Yanmada minimum miktarda O₂'nin kullanıldığı, reaksiyondaki yakıcı moleküllerin hepsinin yandığı, yanma gazları içerisinde sadece H₂O, SO₂, CO₂, N₂'nin bulunduğu yanma türüdür. Yanan gazlar içerisinde yanıcı bileşen olmamaktadır.

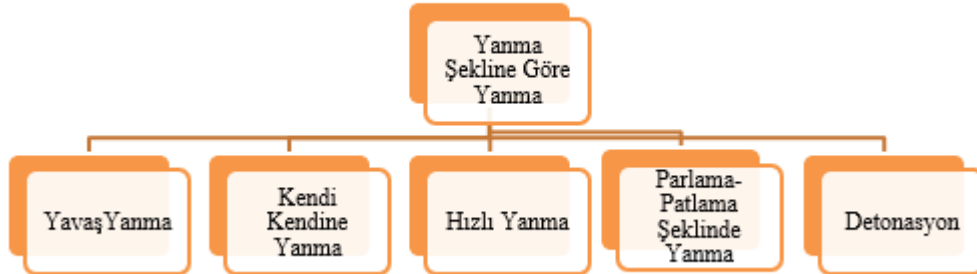
Tam Yanma: Yanabilen gazlar içerisinde H₂O, SO₂, CO₂, N₂'den başka hava fazlalığı nedeniyle O₂ bulunmaktadır. Hava fazlalık katsayısı (λ) 1'den büyüktür. Yanıcı maddenin yanması için gerekli hava miktarı teorik tam yanmada kullanılan hava miktarından daha çoktur.

Eksik Yanma: Yetersiz hava kullanılması nedeniyle yanma ürünleri içerisinde CO, C_nH_m (yanmamış hidrokarbon) gibi bileşikler bulunmaktadır. Hava fazlalık katsayısı (λ) 1'den küçüktür.

Kısmi Eksik Yanma: Reaksiyonda uygun miktarda oksijen olmasına rağmen sıcaklık değişiklikleri, hava-yakıt oranının yetersiz olması ve yakıtın reaksiyondaki kalış süresindeki eksikliklerden dolayı yanan gazlar içerisinde O₂, H₂, C ve CO gibi noksanlı yanma ürünleri görülen yanma şeklidir. Hava fazlalık katsayısı 1'den büyüktür.

2.3.2. Yanma şekline göre yanma

Yanma şekline göre yanma beş grup altında toplanmaktadır. Şekil 2.3'te yanma tipine göre yanma türleri verilmiştir.



Şekil 2.3. Yanma tipine göre yanma [5].

Yavaş Yanma: Yavaş yanma üç sebepten dolayı meydana gelmektedir:

- Yeterli oksijen miktarının olmaması durumunda.
- Yanıcı maddenin yancı buhar ya da gaz meydana getiremediği durumda.
- Ortamda yeterli ısıya sahip olmaması durumunda [5]. Şekil 2.4'te yavaş yanma örneği gösterilmiştir.



Şekil 2.4. Demirin paslanması (Oksidasyon örneği) [6].

Kendi Kendine Yanma: Yavaş yanma zaman içerisinde hızlı yanmaya döndüğünde buna kendi kendine yanma denmektedir. Bu tür yanma genellikle organik maddeler de gözlemlenir. Bezir yağı dökülmüş bez parçasının yakıldığında bu tür yanma meydana gelmektedir [5].

Hızlı Yanma: Hızlı yanma alevli yanma ve korlaşma olarak ikiye ayrılmaktadır. Alevli yanma, yanmanın alev, ısı, ışık, korlaşma gibi bütün belirtileri ile oluştuğu bir olaydır.

Yanabilen buhar ve gazlar oksijene birleşerek alevi oluşturmaktadır. Korlaşma ise katı maddelerde yangının son evresinde meydana gelen yüksek ısıdaki alevsiz yanma şeklidir [5]. Şekil 2.5'te hızlı yanma örneği verilmiştir.



Şekil 2.5. Korlaşma örneği (kok kömürünün yanması) [7].

Parlama-Patlama Şeklinde Yanma: Buharlaşıma sıcaklığı düşük olan maddelerdeki yanmaya parlama şeklinde yanma denmektedir. Buna örnek olarak benzn buharnın yanması verilebilir. Buharlaşıma sıcaklığı düşük olan sıvılar ve gazlar ortamda bulundukları hacmin tamamını kaplayarak bir yanıcı maddeyle temas halinde bulunduklarında patlama şeklinde yanma meydana gelmektedir. Bu tür yanmlara patlama şeklinde yanma adı verilmektedir. Doğal gazda meydana gelen patlamalar bu duruma örnek olarak gösterilebilir [8]. Şekil 2.6'da parlama-patlama şeklinde yanmaya örnek gösterilmektedir.



Şekil 2.6. Parlama-patlama şeklinde yanma [8].

Detonasyon: Şok dalgası ile betimlenen ve ses üstü hızla yayılan yanma türüdür. Çok hızlı yanma olarak tarif edilmektedir. Şekil 2.7’de detonasyon görseli vverilmiştir [9].



Şekil 2.7. Detonasyon [10].

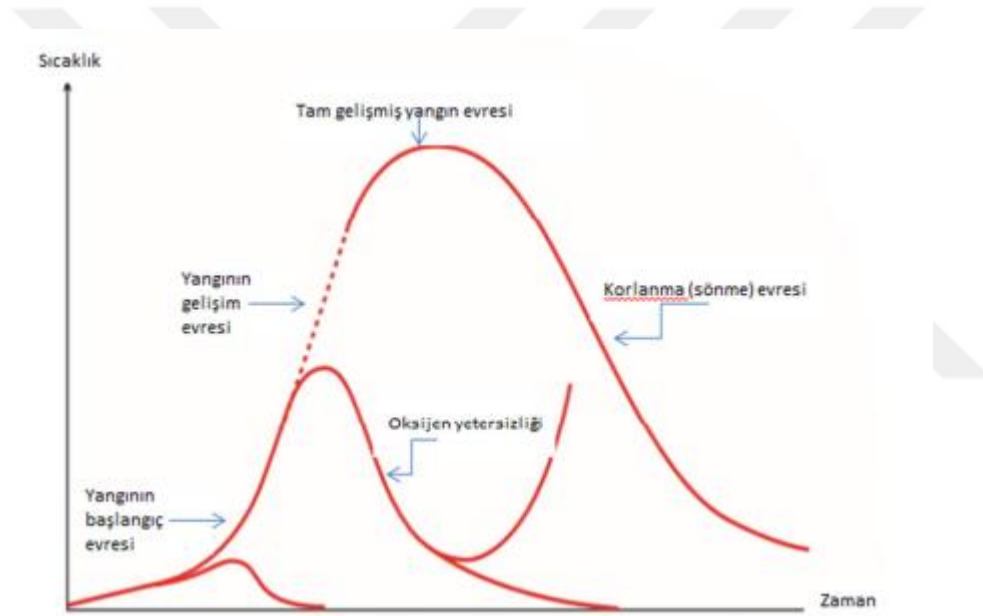
2.4. Yangının Gelişim Evreleri

Kapalı ortamlarda yangın gelişim evreleri dört aşamada incelenmektedir.

- İlk 60 saniye: Yangının başlangıç evresi

- 60-132 saniye arası: Yangının Gelişim Evresi
- 132 saniye ve sonrası (yanıcı madde, oksijen ve ısı bitinceye kadar): Tam Gelişmiş Yangın Evresi
- Korlanma (sönme) Evresi

Yangına erken müdahale yangının evreleri ve verdiği zararlar göz önüne alındığında önemli bir adımdır. Temel yangından korunma eğitimi alan kişiler yangının başlangıç veya gelişim evresinde yangını söndürebilirler. Eğer yangının başlangıç ve gelişim evreleri geçtiyse (yani yangın başlangıcından 2 dakika geçtiyse) kişi yangına müdahale etmemeli derhal bölgeden uzaklaşmalıdır [11]. Şekil 2.8’de yangının gelişim evlerine ait grafik bulunmaktadır.



Şekil 2.8. Yangın gelişim evreleri [11].

2.4.1. Yangının başlangıç evresi

Başlangıç evresinde alevler parlak değildir. Çok az ısı yayılımı görülür ve duman çıkışı fazla değildir. Aynı zamanda bu tür evrede alevler henüz gelişmemiştir fakat yangın çıkan bölgede çok kısa sürede dumanla kaplanır. Alevler arttıkça ve ortam daha da sıcaklaştıkça başlangıç evresi gelişme evresine doğru ilerler [11].

Bu evrede yangın sonucu oluşan duman yukarı doğru yükselir, tutuşmadan itibaren oksijen yeterli seviyeye ulaşır. Sıcaklık olgun düzeyde olmadığı için yanıcı maddelerde tam yanma meydana gelmez. Duman içerisinde de henüz yanmamış gazlar yer almaktadır. Ortam sıcaklığı arttıkça yanmamış gazlar ısınmaya ve tutuşma

noktasına gelmeye başlar. Odanın yüksek yerlerinde tutuşmalar ve az da olsa alevlenmeler meydana gelmektedir [11].

2.4.2. Yangının gelişim evresi

Yangın gelişim evresinde alevler olay yerinin dışında görülebilmektedir. Çıkan dumanlar binanın üst tarafında sıcak gaz tabakası oluşturur ve oluşan ısı ışıınım yoluyla farklı alanlara doğru yayılır. Yangının gelişim evresinde ortamdaki oksijen seviyesi fazlalaşmaya başlarsa parlama söz konusu olabilir. Yangın alanı ısı yalıtımına sahipse ısıyı hapsederek yangının çok hızlı gelişmesine neden olmaktadır [11].

Bir yangının yayılmasını etkileyen faktörler aşağıdaki gibidir.

1. Ortamda bulunan yanıcı maddeler arasındaki mesafe,
2. Ortamda bulunan yanıcı maddelerin kütle ve yüzey alanı,
3. Yanan maddenin konumu ve boyutu,
4. Ortam sınırlarındaki mesafelerin büyüklüğü ve yeri
5. Ortamın geometrik şeklidir.

2.4.3. Tam gelişmiş yangın evresi

Tam gelişmiş yangın evresinde yangın ortamın bütününe yayılmış ve ortamdaki maddeler erimeye ya da yüksek bir ısıyla yanmaya başlamıştır. Yanmanın meydana geldiği ortamda havalandırma sınırlı ise az bir süre sonra yanma eksik oksijenle devam edebilir. Aynı zamanda ortamın sıcaklığı, yanan maddeden buhar çıkması ve yanan maddenin alevsiz bir şekilde yanması için yeterli olacaktır. Bu durum sonucunda ortamda yoğunluğu yüksek ve tutuşabilir gazlar oluşabilmektedir. Başlangıçta parlayan alev gibi yeterli tutuşma kaynağı olması durumunda bu gazlar tutuşabilir. Yeni bir açıklık oluşmasında içeriye girecek hava nedeniyle alevlenme oluşacaktır ve bu durum patlamanın oluşmasına neden olacaktır.

Büyüme aşaması sonrasında, ortamdaki yanıcı madde yüzeyleri sıcaklık nedeniyle katı maddelerden yanıcı gazlar ortaya çıkabilmektedir (piroliz). Yangın bu aşamadayken yapısal elemanlar (duvar, kolon vb.) taşıyıcı kuvvetlerini kaybeder ve yangının bir diğer ortama yayılmaları için yeterli sıcaklığa sahip olabilmektedirler. Yanıcı maddelerden gaz üretimi çok yüksek olmaktadır. Bu durumda karbon monoksit

dumanı artışı olmaktadır. Büyük miktarda yanmamış gaz havasız ortamlarda birikmekte ve patlama oluşturma riskini artırmaktadır.

Tam büyüme evresinde oksijen oranı %15'in altında bulunmaktadır ve yanma için uygun oksijenin bulunmamasına rağmen uygun miktardaki ısı ve yanıcı maddeyle yanma olayı devam etmektedir. Aynı zamanda müdahalemiz dışında yanan bölgeye oksijen girişi olması halinde patlama meydana gelebilmektedir. Patlamanın oluşmasına zemin hazırlayan belirtiler aşağıdaki gibidir:

- Küçük aralıklardan basınçlı duman çıkışı,
- Görülemeyen ya da çok az alevler,
- Yoğun siyah dumanlar,
- Aşırı sıcaklığın ve yoğun dumanın ortamda sınırlanması,
- Dumanın aralıklarla ya da üfleme şeklinde yangın alanından dışarı çıkması,
- Yangın mahallinde boğuk sesler çıkması.

Tam büyüme evresindeki tehlikeler basınç düşürme teknikleri gibi söndürme teknikleri kullanılarak azaltılabilir. Ortamdaki yanıcı maddelerin yanması sonucunda yangının oksijene olan ihtiyacı artar. Bu evrenin sonlarına doğru karbon monoksitin artması, yanıcı maddelerin ve oksijenin azalmasıyla yangın hız kaybeder, son aşama olan korlanmaya doğru ilerler [11].

2.4.4. Korlanma (sönme) evresi

Korlanma evresinde yanan madde bitme noktasına gelmektedir. Bu evreyle birlikte çok az ölçüde azalan alevler bulunmaktadır. Alevler yerini süreç ilerledikçe korlamaya bırakmaktadır. Yangın korlanma aşamasının sonunda sönmeyle son bulmaktadır [11].

2.5. Yangının Etkileri

Gelecekteki yangınları önlemek ya da etkilerini azaltmak için yangınlarla ilgili istatistikler ve analizler oldukça önemlidir. Yangınlar genellikle insan hatalarından kaynaklansa da doğal afetler ya da başka faktörler de etkili olabilmektedir.

Yangınla ilgili istatistikleri ve riskleri değerlendirmek koruyucu önlemler almak için önemli bir başlangıç noktası olabilir. Yangınların olumsuz etkileri, binaların yangına

karşı daha güvenli hale getirilmesi ve yangın söndürme ekipmanlarının yaygınlaştırılması gibi önlemler alınarak azaltılabilir [12].

2.5.1. Sıcaklık etkisi

Isınım ısı akışı ve ortam sıcaklığı, söndürme zamanı ve söndürme gruplarının etkili müdahalesi için oldukça etkilidir. Çıplak deriyle sıcak metal yüzeylere kısa süreli dokunmalar deride kalıcı yanıklara neden olabilir. $2,5 \text{ kW/m}^2$ ısınım ısı akışı değeri, deride yanık oluşumunu önlemek için tasarımda aşılması gerekmeyen bir sınır olarak kabul edilir [12]. Ek olarak ısınan hava solunum yollarını tahriş eder ve kalıcı ödem oluşmasına neden olabilir. Bu yüzden tasarımda 120°C sınır değeri kabul edilir. Ancak, havanın bağıl nemi ve solunma süresi gibi faktörlere bağlı olarak daha düşük sıcaklıklar da tehlike oluşturabilir [12].

2.5.2. Duman etkisi

Yangın sırasında açığa çıkan duman ortamın hacmini kaplamakta, yangın mağdurlarının yangın esnasında görüş mesafesini kısıtlamaktadır. Özellikle yangından etkilenen kişileri kurtarmak için gelen itfaiye ekiplerinin kişileri bulmalarını ve yangın kaynağına ulaşımını zorlaştırmaktadır [12].

2.5.3. Zehirli gaz etkisi

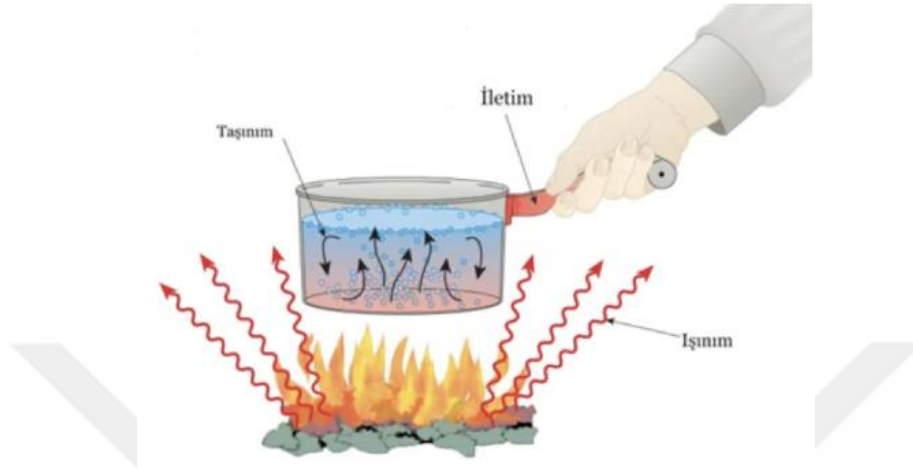
Yangın esnasında canlıları da farklı şekillerde etkileyen farklı gazlar ortama yayılır. Örneğin, azot veya klor içeren malzemelerin yanması sonucunda ortama Hidrosiyanik asit ve Hidroklorik asit gibi ölümcül etkilere sahip toksik gazlar salınabilir. Aseton, asetilen veya etil alkol benzeri maddelerin yanması sırasında benzen, tolüen, naftalin, kurşun, cıva, arsenik, berilyum, sodyumflorür, karbondisülfid veya metanol gibi merkezi sinir sistemini zorlama altına alarak duyu kaybına yol açabilen veya sistemik zehirler olarak bilinen gazlar da yayılabilmektedir. Boğucu gazlar, solunum için gerekli oksijeni ortamdan uzaklaştırıp yerine geçen ya da absorbe eden hareketsiz gazlardır [12].

2.6. Yangının Yayılma Çeşitleri

Isı enerjisinin daha fazla sıcaklıktan daha az sıcaklıklara doğru akmasına ısı transferi denmektedir. Isı transferi birim alanda birim zamanda enerji akışı olarak da tanımlanmaktadır. Sıcaklık deltası ne kadar fazla olursa transfer edilen enerji de o kadar çok olmakta ve ısı transfer hızı da o ölçüde artmaktadır. Isı transferinin yangının

tutuşma, büyüme, yayılma ve sönme evreleri üzerinde direkt etkisi bulunmaktadır [13].

Isı transferi (yangının yayılması) iletim, taşınım ve ışıınım olmak üzere üç farklı yoldan gerçekleşebilmektedir. Şekil 2.9’da ısı transferi çeşitleri gösterilmiştir.



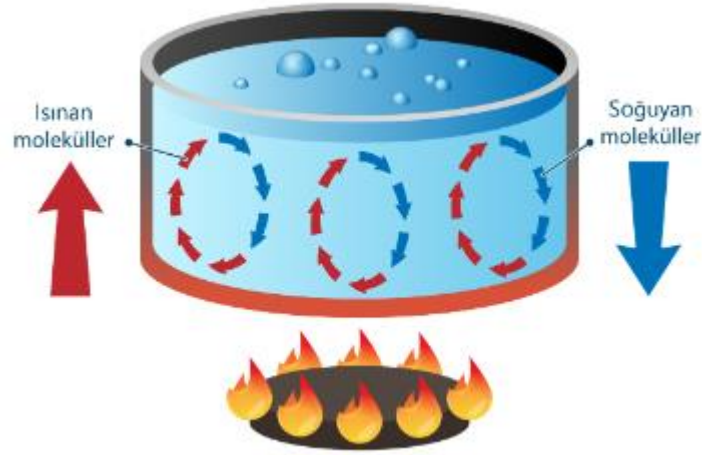
Şekil 2.9. Isı transferi çeşitleri [14].

2.6.1. Konveksiyon (Taşınım)

Isıtılan gazlar ya da sıvıların ortamdaki daha az soğuk kısmına doğru ısı enerjisinin aktarılması taşınım olarak adlandırılmaktadır. Zorla veya doğal taşınım olmak üzere iki şekilde gerçekleşmektedir. Zorla olan taşınım, ortamdaki sıcak gazın fan gibi dış etmenle yönlendirilmesidir. Doğal taşınım ise yüzey ile gaz arasındaki sıcaklık farkından dolayı kaldırma kuvveti ile akışların oluşmasıdır. Aşağıda taşınım yoluyla gerçekleşen ısı transferinin formülü verilmiştir.

$$Q_t = h\Delta T \left(\frac{kW}{m^2} \right) \quad (2.2)$$

Taşınım formülündeki h ifadesi ısı transferi katsayısını ifade etmektedir. Akışkan hızı ne kadar yüksek olursa taşınım ısı transfer hızı da o kadar yüksek olur. Yangının ilk evrelerinde ısınan akışkan ile yüzeylerin sıcaklıklarının artmasında taşınım önemli rol oynamaktadır [13]. Şekil 2.10’da taşınım ile ısı transferine örnek verilmiştir.



Şekil 2.10. Taşınım ile ısı transferi [15].

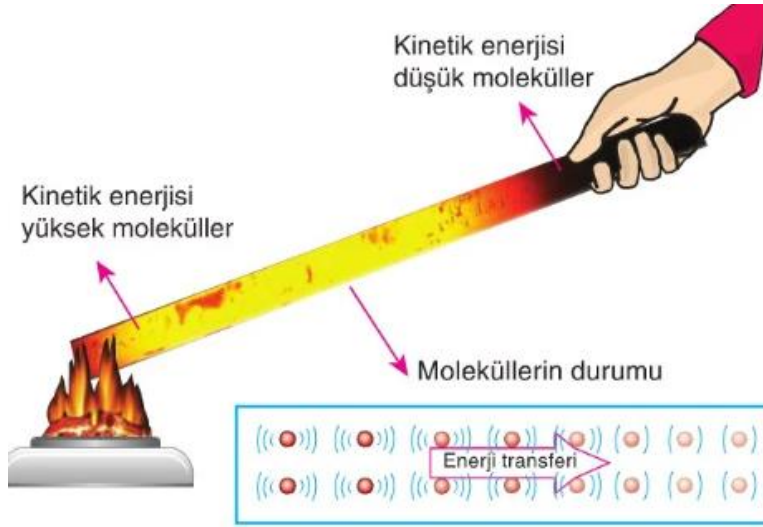
2.6.2. Kondüksiyon (İletim)

Isı iletimi, katı maddeler içerisindeki ısıtım işlem esnasında oluşan ısı transferi şeklidir. Herhangi bir maddeden ısıtımın transfer hızı (kararlı hal koşullarında), sıcaklık farkının ve ısı transfer yolunun ısıtım iletkenliğinin akış yoluna dik kesit alanının ve akış yolu uzunluğunun bir formülüdür. Aşağıdaki formül iletim yoluyla gerçekleşen ısı transferini göstermektedir.

$$q_i = \frac{k}{L} \Delta T \left(\frac{kW}{m^2} \right) \quad (2.3)$$

Yukarıdaki formülde k değeri ısıtım iletkenliğini, L ifadesi katı malzemenin kalınlık değerini temsil etmektedir. Bir maddenin ısıtım iletkenliği (k) ne kadar fazla olursa malzeme boyunca ısıtım transferi de o kadar fazla olmaktadır. Metaller yüksek ısıtım iletkenliğe sahipken plastik ve cam ürünler düşük ısıtım iletkenliğe sahiptir. Aynı zamanda yoğunluğu fazla olan maddeler düşük yoğunluklu maddelere göre ısıyı daha hızlı iletmektedir [13].

Temel olarak iletim, yangının yayılması konusunu kapsamaktadır. Yangında açığa çıkan ısıtımın temas halindeki maddelere iletimi, tutuşmalara ve yangının yayılmasına sebep olmaktadır. Şekil 2.11’de iletim yoluyla ısıtım transferine örnek gösterilmiştir.



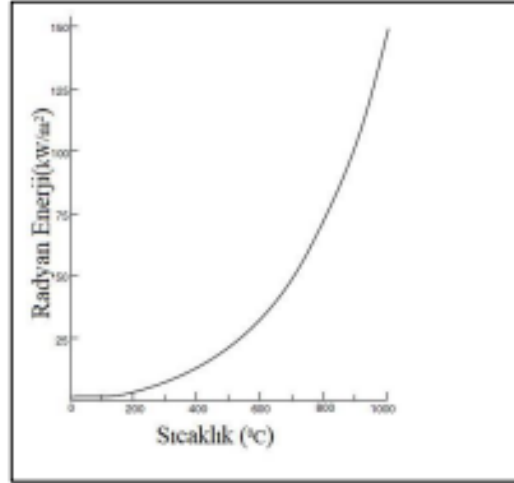
Şekil 2.11. İletim ile ısı transferi [16].

2.6.3. Radyasyon (Işınım)

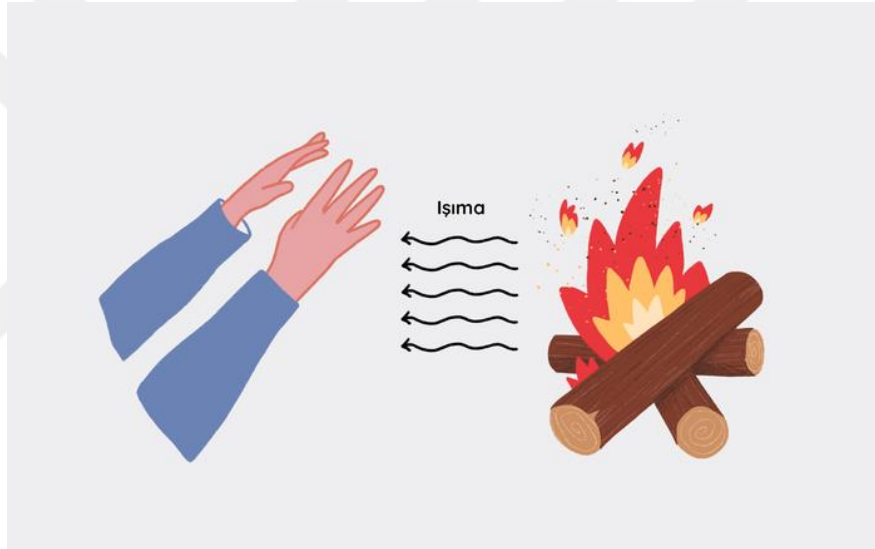
Isı moleküllerinin sıcak bir bölgeden soğuk bir bölgeye elektromanyetik dalgalar ile aktarılması ışıınım olarak adlandırılmaktadır. Işınım yoluyla açığa çıkan enerjiyi ortamdaki bulunan malzemeler ya emer ya da azaltabilir. Aşağıdaki formül ışıınım ile ısı transferini ifade etmektedir.

$$q_i = \varepsilon \sigma T^4 \left(\frac{kW}{m^2} \right) \quad (2.4)$$

Işınım ile ısı transferi formülündeki ε değeri yayılabilme katsayısını, σ ifadesi Stefan-Boltzman sabitini ve T değeri mutlak sıcaklığı belirtmektedir. Işınım ile meydana gelen ısı transferi malzemenin dördüncü dereceden mutlak sıcaklığıyla orantılıdır [13]. Şekil 2.12’de ise ışıınım yoluyla ısı transferi örneği ve Şekil 2.13’te ışıınım ile ısı transferi verilmiştir.



Şekil 2.22. Işınım ile sıcaklık arasındaki ilişki grafiği [13].



Şekil 2.13. Işınım ile ısı transferi [17].

2.7. Yangın Sınıfları

Yangın esnasında olaylara doğru müdahale edebilmek ve doğru bir teşhis edebilmek için yangın tipleri Avrupa normlarına göre EN 2 şeklinde, AB standartlarını baz alan ülkemizde ise TS EN 2 ve TS EN 2/A1 standardına göre sınıflandırılmıştır. Türk Standartları Enstitüsü'nce yanan maddenin şekline göre yangın beş sınıfta incelenmektedir. Bunlar; A, B, C, D, F. Tablo 3'te kıtalara göre yangın sınıfları gösterilmektedir.

- A sınıfı: Genellikle organik esaslı katı maddelerin yanarak yanmanın normal olarak parlak korların oluşumuyla yürüdüğü yangın sınıfıdır.

- B sınıfı: Sıvılaştırılabilir katılar ya da sıvıların olduğu yangın sınıfıdır.
- C sınıfı: Gaz yangınlarının olduğu yangın sınıfıdır.
- D sınıfı: Metal yangınlarının olduğu yangın sınıfıdır.
- F sınıfı: Bitkisel ve hayvansal pişirme yağlarının neden olduğu yangın sınıfıdır [18].

Tablo 2.1. Kıtalara göre yangın sınıfları [18].

Amerika	Avrupa	Avusturalya/Asya	Yakıt/Isı Kaynağı
A sınıfı	A sınıfı	A sınıfı	Sıradan Yanıcı
B sınıfı	B sınıfı	B sınıfı	Yanıcı Sıvılar
B sınıfı	C sınıfı	C sınıfı	Yanıcı Gazlar
C sınıfı	Sınıflan dırılama yan	E sınıfı	Elektrikli Ekipmanlar
D sınıfı	D sınıfı	D sınıfı	Yanıcı Metaller
K sınıfı	F sınıfı	F sınıfı	Yağ ve Yemeklik Yağ

2.7.1. A sınıfı

Metaller dışında kalan yanıcı katı maddelerin yangınları A sınıfı yangınlar olarak adlandırılmaktadır. Katı maddelere ağaç, kâğıt, saman, kumaş ve iplik örnek olarak verilebilir. Bu maddeler yanarken temel olarak kor oluşturur. A sınıfı yangınların tümünde kor ısı verici karakterdedir. A sınıfı yangınlarda yanan ham maddelerin kimyasal özellikleri nedeniyle karbon monoksit ve benzeri yanıcı, boğucu ve zehirleyici gazlar açığa çıkmaktadır. Bu tür yangınlar soğutma yöntemi kullanılarak söndürülmelidir. Söndürmedeki etkin madde sudur. Şekil 2.14'te A sınıfı yangın görseli gösterilmiştir [11].



Şekil 2.14. A sınıfı yangın [19].

2.7.2. B sınıfı

B sınıfı yangınlar yanabilen sıvılar ve sıvılaşılabilen katı maddelerin yanması sonucu oluşmaktadır. Bu tip yangınlardaki yanan maddelere dizel, motorin, uçak yakıtı, alkol gibi örnekler verilebilir. B sınıfı yangınlar kor oluşturmada alevli bir şekilde yanarlar. Yangınların söndürülebilmesi için boğma yöntemi kullanılarak ortamdaki oksijenin kesilmesi yeterli olmaktadır. Boğma yöntemi için köpük ve kimyasal tozlar kullanılmaktadır [11]. Şekil 2.15'te B sınıfı yangın görseli gösterilmiştir.



Şekil 2.15. B sınıfı yangın [19].

2.7.3. C sınıfı

Yanabilme özelliği olan gazların neden olduğu yangınlar C sınıfı yangınlar olarak adlandırılmaktadır. Bu tip yangınların çok hızlı yayılabilmesinden dolayı oldukça risklidir. Yanıcı gaz maddelere likit petrol gazı (LPG), hava gazı, doğalgaz, hidrojen ve asetilen örnek verilebilir. Gaz maddelerin tutuşabilmesi için yeterli sıcaklık olduğunda yanma olayı hemen gerçekleşir. Genellikle bu ani yanma sonrasında ani patlamalar meydana gelir. C sınıfı yangınların söndürülmesi için kuru kimyevi tozlar kullanılmaktadır [11]. Şekil 2.16'da C sınıfı yangın görseli gösterilmiştir.



Şekil 2.16. C sınıfı yangın [19].

2.7.4. D sınıfı

Alüminyum, potasyum, magnezyum ve sodyum gibi yanabilen metallerin yangınları D sınıfı olarak adlandırılmaktadır. Bu tip yangınlar korlu ve alevsizdir. Aynı zamanda çok yüksek sıcaklıklarda yangına neden oldukları için bu yangınların söndürülebilmesi için su, KKT, CO₂ kullanılmamalıdır. Bu tip söndürücülerin kullanılması farklı reaksiyonların oluşmasına neden olabilmektedir. D sınıfı yangınlar için hafif metal söndürme tozları (d tozu) kullanılmaktadır. Hafif metal söndürme tozlarının bulunmadığı durumlarda söndürme işlemi için kuru kum ya da döküm talaşı kullanılmaktadır [11]. Şekil 2.17’de D sınıfı yangın görseli gösterilmiştir.



Şekil 2.17. D sınıfı yangın [19].

2.7.5. F sınıfı

Yağ yangınları F sınıfı yangınlar altında sınıflandırılmıştır. Pişirme için ya da kızartma amacıyla kullanılan yağların fazla ısınarak tutuşma sıcaklığına gelmesiyle oluşan yangın sınıfıdır. Bu tür sınıftaki yangınlar söndürülürken su kullanılmamalıdır. F sınıfı yangınların söndürülmesinde sulu kimyasal söndürücüler veya toz söndürücüler kullanılmalıdır [11]. Şekil 2.18’de F sınıfı yangın görseli gösterilmiştir.



Şekil 2.18. F sınıfı yangın [19].

2.8. Yangın Güvenlik Önlemleri

Yangın güvenlik önlemleri binalarda iki şekilde ele alınmaktadır: Pasif güvenlik önlemleri, aktif yangın güvenlik önlemleri. Kısaca pasif güvenlik önlemleri, proje evresinde ya da inşaat aşamasında tasarlanan/yapılan ve kalıcı işlevi bulunan önlemlerdir. Pasif güvenlik önlemlerinde temel amaç aşağıdaki gibidir:

- Kişileri zehirleyebilen gaz ve dumanın ortamdan uzaklaştırılması,
- Yangın esnasında kaçış rotasının, toplanma alanlarının ve yangın merdivenlerinin planlanması,
- Binalarda yangın geçirimsiz bölmelerin (kompartımanların) yapılması,
- Yanmaya karşı dirençli, tutuşma sıcaklığı yüksek, duman çıkarmayan malzemelerin kullanılması,
- Taşıyıcı kolon yapılarının yüksek sıcaklıklara dayanması.

Aktif güvenlik önlemleri ise binanın inşaatı esnasında ya da sonradan binaya eklenen, sadece yangın sırasında işlevsel olan pasif güvenlik önlemlerine tamamlayıcı olarak yapılan önlemlerdir [20].

2.8.1. Pasif güvenlik önlemleri

Pasif güvenlik sistemlerinin temelinde yapının mimari tasarımı, yapı malzeme ve elemanlarının seçimi bulunmaktadır. Günümüzde yapılarda çeşitli pasif güvenlik önlemleri bulunmaktadır. Aşağıda pasif güvenlik önlemlerine örnekler verilmiştir.

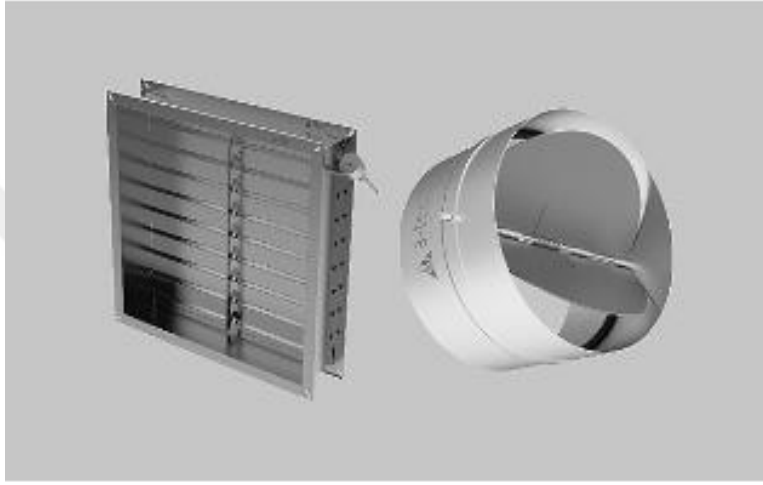
2.8.1.1. Yangın kompartımanı

En az 60 dakika yangına dayanıklı olarak tasarlanan yapı elemanları ile duman ve ısı geçirmez alanlara ayrılmış bölge yangın kompartımanı olarak ifade edilmektedir. Bu bölmeye duvarlara ek olarak tavan ve taban döşemesi de dahildir. Özellikle kazan

dairelerinin, ana elektrik dağıtım odalarının, trafo merkezleri gibi yangın tehlikesi yüksek olan kapalı alanların duvarları ve döşemeleri kompartıman duvarı özelliğinde olmaktadır.

2.8.1.2. Havalandırma kanalı damperi

Ortak hava santrali ile birden fazla alanın havalandırılması yapılıyorsa bölmeler arası geçişlerde yangın esnasında otomatik olarak kapanan yangın damperi takılmaktadır. Şekil 2.19’da havalandırma kanalı damperlerine örnek gösterilmiştir.



Şekil 2.19. Havalandırma kanalı damperi [21].

2.8.1.3. Kaçış merdivenleri (yangın merdivenleri)

Binalarda bulunan ortak merdivenlerin acil hallerde ve yangın esnasında kullanılabilecekler kaçış merdiveni olarak adlandırılmaktadır. Kaçış merdivenleri yangına en az 120 dakika dayanabilen duvar ve en az 90 dakika dayanabilen duman sızdırmaz kapı ile diğer bölümlerden ayrılır. Kaçış merdivenleri kullanıma uygun bir şekilde boş bırakılmalıdır. Genel merdivenlerden geçilerek yangın merdivenlerine ulaşılamaz ve 21,5 metreden yüksek binalarda dışarıdan açık merdivenlere izin verilmemektedir. Şekil 2.20’de yangın merdivenleri gösterilmiştir [20].



Şekil 2.20. Yangın merdivenleri [22].

2.8.1.4. Yangın tahliye kapıları

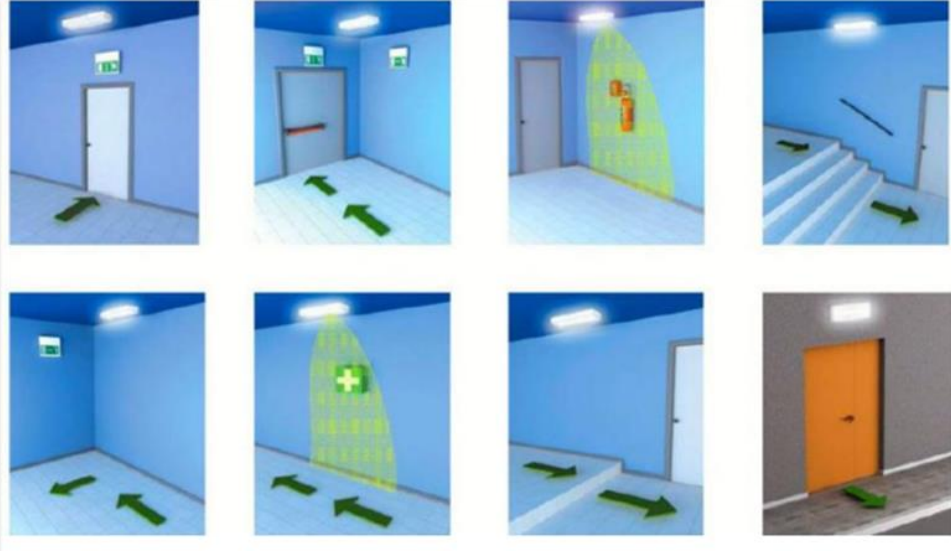
Yangın tahliye kapılarının genişliği en 80 cm, yüksekliği ise 200 cm'den az olmamalıdır. Bu kapıların temel özelliği duman sızdırmamalarıdır ve 4 kattan düşük yapılarda 60 dakikaya, bodrum katlara ve 4 kattan daha fazla yapılarda en az 90 dakikaya kadar yangına dayanıklı olmaları şartı bulunmaktadır. Çıkış yönlerinin ise kaçış yönüne doğru olması gerekmektedir [20]. Şekil 2.21'de örnekleri verilmiştir.



Şekil 2.21. Yangın tahliye kapıları [23].

2.8.1.5. Acil aydınlatma sistemleri

Yangın, deprem gibi olaylarda elektriklerin kesilmesi durumunda acil durum aydınlatmalarının kendiliğinden aktif olup uygun düzeyde aydınlatma sağlayacak şekilde düzenlenmesi gerekmektedir. Normal aydınlatmanın kesilmesi sonrasında en az 60 dakika boyunca acil aydınlatma sisteminin çalışması gerekmektedir. Kullanıcı sayısı 200'den fazla ise bu süre 120 dakika olmaktadır [20]. Şekil 2.22'de binalardaki acil durum aydınlatmalarına örnek verilmiştir.



Şekil 2.22. Acil durum aydınlatmaları [24].

2.8.1.6. Acil durum yönlendirmesi

Yangın esnasında kişilerin çıkışları kolayca bulabilmesi için acil durum yönlendirmesi kullanılmaktadır. Şekil 2.23'te binalarda kullanılan acil durum levhaları verilmiştir.



Şekil 2.23. Acil durum levhaları [25].

2.8.2. Aktif güvenlik önlemleri

Aktif güvenlik önlemlerinin temel amacı yangını ilk evresinde hemen algılayıp yayılıp büyümesine fırsat vermeden sınırlandırmak, kurtarma ve müdahale etme faaliyetlerini kolaylaştırmaktır. Aktif güvenlik önemlerine yangın algılama ve uyarı sistemleri ile yangın engelleme ve söndürme elemanları örnek olarak verilebilir.

2.8.2.1. Yangın söndürme cihazları

Kuru kimyevi tozlu ya sulu yangın söndürme daha çok A sınıfı yangın çıkabilecek binalarda, B sınıfı yangın çıkabilecek binalarda kuru kimyevi tozlu, karbondioksitli veya köpüklü yangın söndürme cihazları, C sınıfı yangın çıkabilecek binalarda kuru kimyevi tozlu ya da karbondioksitli, D sınıfı yangın çıkabilecek binalarda ise kuru meral tozlu söndürme cihazları bulunmaktadır. Söndürme cihazları kaçış bölgelerine ve görülebilecek şekilde işaretlenerek yangın dolaplarının içine ya da yakınına yerleştirilmektedir. Kullanılan yangın söndürme cihazlarının düzenli bakımı ve kontrolü TS ISO 11602-2 standardına göre yapılmaktadır [20]. Şekil 2.24'te yangın söndürme cihazları verilmiştir.



Şekil 2.24. Yangın söndürme cihazları [26].

2.8.2.2. Manuel ve otomatik alarm sistemleri

Yangın uyarı sistemleri manuel ya da otomatik olabilmektedir. Yangın uyarı butonlarının görülebilir ve kolayca erişebilir olması gerekmektedir. Yerden en az 110 cm ve en fazla 130 cm yüksekliğe yerleştirilmektedir. Yapı yüksekliği belirli bir yüksekliğin üstünde olduğu durumlarda otomatik yangın algılama sistemleri kullanılmaktadır [20]. Şekil 2.25'te alarm sistemlerine örnek verilmiştir.



Şekil 2.25. Yangın alarm sistemleri [27].

2.8.2.3. Sulu söndürme sistemleri

Hidrantlar, yangın dolapları, springler sistemi, yangın su basıncı, sabit söndürme sistemleri gibi çeşitli yöntemlerle bulunmaktadır. Şekil 2.26'da sulu söndürme sistemlerine örnek verilmiştir.

- Yangın dolapları binadaki kişilerin kişilerin müdahale edebileceği bir yangını kontrol etmesini ve söndürmesini sağlayabilmesi için bulunmaktadır.
- Hidrant sistemleri, taban alanı 5000'den büyük yapıların genellikle yapılara içeriden ulaşamadığında dışarıdan müdahale edilebilmesi için bina çevresine yerleştirilmektedir.
- Sprinkler sistemi, yangına erken müdahalenin yapılabilmesi ve yangının seviyesini düşürmek, yangını söndürmek için belirli süre içerisinde belirlenen alana belirlenen miktarda suyun boşaltılması üzerine tasarlanmıştır [20].



Şekil 2.26. Sulu söndürme sistemleri örneği (sprink) [28].

3. BOYALARLA İLGİLİ GENEL BİLGİLER

Maddeyi renklendirmek, güçlendirme ve yalıtım gibi özellik kazandırmak amacıyla boyalar kullanılmaktadır. Boya bileşenleri dörde ayrılmaktadır: Bağlayıcı, çözücü, pigmentler ve diğer katkı maddeleridir. Bağlayıcılar boyayı yüzeye yapıştırır ve bağlar. Çözücüler, boyanın viskozitesini dengelemek için kullanılır. Pigmentler boyaya renk veren bileşenlerdir. Boyalara fiziksel ve kimyasal özellik kazandırmak için katkı maddeleri boya film tabakasıyla birleşerek kullanılır [29]. Şekil 3.1’de boya görseli verilmiştir.



Şekil 3.1. Boya görseli [29].

3.1. Boya Çeşitleri

Genel olarak boya türleri dört başlık altında toplanmaktadır.

- Kurutma Yöntemine Göre
 - Fiziksel kurutmalı
 - Kimyasal kurutmalı
- Özelliklerine Göre
 - İnşaat boyası
 - Ahşap boyası
 - Zemin boyaları
 - Yağlı boya

- Oto boyaları
- Gemi boyaları
- Pastel boya
- İşaretleme boyaları
- Akrilik boya
- Ayakkabı boyası
- Aerosol boya
- Kurşun boya
- Emaye boya
- Tempera
- Gram boyası
- Çevreye Olan Etkisine Göre
 - Su bazlı boyalar
 - Solvent bazlı boyalar
- Reçinesine Göre
 - Selülozik boyalar
 - UV boyaları
 - Epoksi boyalar
 - Sentetik boyalar
 - Poliüretan boyalar
 - Polyester boyalar
 - Asit kürlenmeli boyalar
 - Nem kürlenmeli boyalar
 - Su bazlı boyalar [29].

3.2. Boyaların Yapısı

Boyalar birçok çeşitli amaçlara uygun olarak üretilmektedir. Bütün boyaların temel maddesi pigmentlerdir. Pigmentlerle birlikte bağlayıcılar, incelticiler ve katkı maddeleri kullanılmaktadır. Kaplamaların organik olması sürüldükleri yüzeyde sağlam ve yapışkan bir film oluşturduklarından formüllerinin hepsinde ‘bağlayıcılar’ yer almaktadır. Sıvı organik kaplamanın olduğu bileşiklerde akışkanlığın ayarlanması için solventler kullanılmaktadır. Uygulama ve kullanım özelliklerini ayarlamak için de farklı katkı maddeleri kullanılmaktadır. Ham maddelerin uzun süreyle homojenliği

korumak için organik kaplamalar kullanılmaktadır. Film oluşumu aşamasında bazı kaplama maddelerindeki bağlayıcılar kimyasal tepkimeler oluşturabilmektedir. Pigmentler, katkılar ve dolgular her durumda kimyasal değişime uğramaksızın kalmaktadır [30].

Boyalar içerisinde bulunan birçok kimyasal madde risk sınırın üzerine kullanıldığında insanların sağlığı üzerinde olumsuz etkilere neden olmaktadır. Boya içerisinde bulunan zararlı bileşiklerin (karbon monoksit, nitrojen dioksit gibi) risk sınırları aşağıda tabloda verilmiştir (Tablo-3).

Tablo 3.1. Boya bileşenlerinin risk sınırları [31].

Bileşenler	Konsantrasyon Sınırı
Karbonmonoksit	1-115 mg/m ³
Azot dioksit	0,05-1,0 mg/m ³
Kükürtdioksit	0,02-1,0 mg/m ³
Karbondioksit	600-9000 mg/m ³
Benzen, tolüen vb.	0,01-1,0 mg/m ³
Kurşun	0,02-0,4 mg/m ³
Asbest	+lif /cm ³
Mineral lifleri	100-10.000/m ³

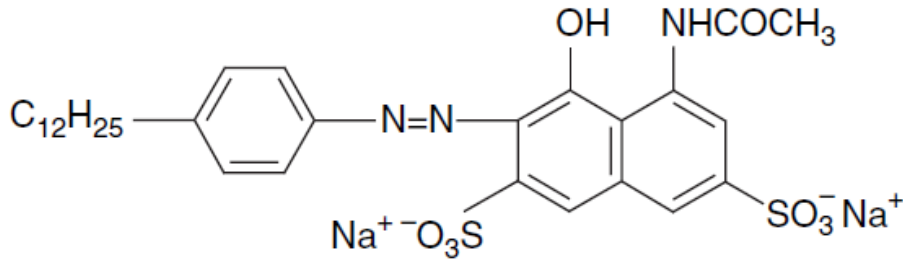
3.3. Boyaların Kimyasal Sınıflandırılması

Boyalar kimyasal yapılarına göre on grupta incelenmekte ve formülize edilmektedir. Boya maddesine absorpsiyon özelliği kazandıran kromofor grubudur. Aşağıda boyaların kimyasal sınıflandırılması kromofor yapılarına göre yapılmıştır [32].

- Azo boya maddeleri
- Antrakinon boya maddeleri

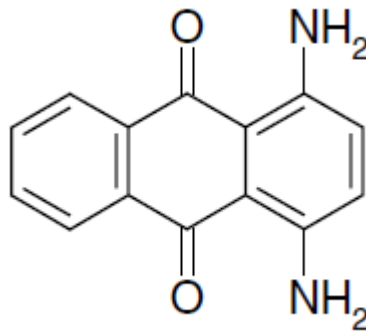
- İndigo boya maddeleri
- Azometin boya maddeleri
- Trifenil metan boya maddeleri
- Poliolefin boya maddeleri
- Nitro boya maddeleri
- Ftalosiyenin boya maddeleri
- Mordan boya maddeleri
- Pigmentler

Azo Boya Maddeleri: Kromofor grubu olarak yapısında azo grubu bulunmaktadır. Azo sınıfı boya (-N=N-) en yüksek molar emilim değerine sahip kromofordur. Azo boyaları en çok boya çeşidine sahip sınıftır. Şekil 3.2’de azo boyalarına örnek verilmiştir.



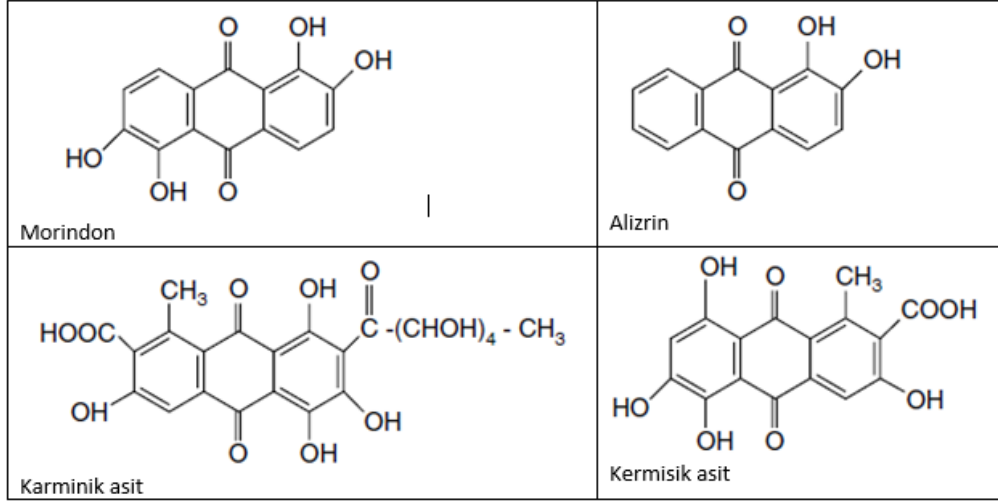
Şekil 3.2. Azo sınıfı boya örneği [32].

Antrakınon Boyar Maddeleri: Moleküllerinin temeli antrakınon yapısındadır. Antrakınon, antrasenin yükseltgenmiş halidir. Şekil 3.3’te antrakınon boya maddesine örnek verilmiştir.



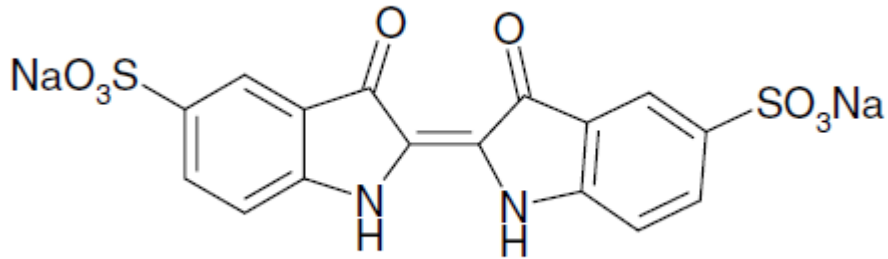
Şekil 3.3. Antrakınon boya maddesi [32].

Antrakınon sınıfı boyar maddeleri doğadan elde edilmektedir. Özellikle morindon ve alizarin bitkilerden ve bitki köklerinden, karminik asit ve kermisik asit böceklerden elde edilmektedir. Şekil 3.4’te doğadan elde edilen antrakınon boyar maddeleri verilmiştir.



Şekil 3.4. Doğadan elde edilen antrakınon boya maddeleri [32].

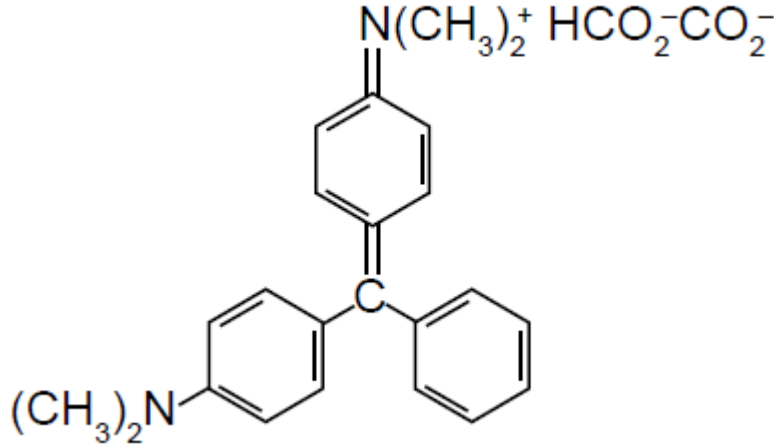
İndigo Boyar Maddeleri: Bu türdeki boyalar bitkisel kökenlidir. Antrakınon boyalarının doğal olanları kök boyaları olarak adlandırılmaktadır. İndigo boyalar da kök boyaları olarak sınıflandırılabilir fakat kimyasal özellik olarak antrakınondan farklıdır. Şekil 3.5’te indigo boyalara örnek verilmiştir.



Şekil 3.5. Indigo boya örneği [32].

Azometin Boyar Maddesi: Diğer boya türlerine göre daha az kullanılmaktadır ve yapılarında azometin C=N- kromofor bulunmaktadır.

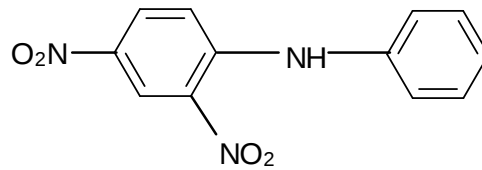
Trifenilmetan Boyar Maddesi: Trifenil metan kolayca yükseltgenebilmektedir ve yükseltgendiğinde fenil halkalarına bağlı gruplara göre farklı renkler alabilmektedir. İyonik yapıda olduklarından suda çözünebilirler. Şekil 3.6’da trifenilmetan boyalara örnek verilmiştir.



Şekil 3.6. Trifenilmetan boya örneği [32].

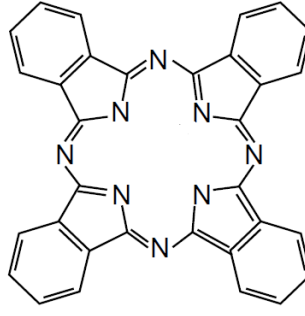
Poliolefin Boyar Maddeleri: Bir sırada çok sayıda ikili bağ bulunduran konjuge dien sistem bulunmaktadır. Birçok meyveye rengini vermektedir.

Nitro Boyar Maddeleri: Genellikle aromatik yapıli nitro grubu bulunduran organik moleküllerdir. Nitro grubu yüksek molar emilim katsayısı özelliği kazandıran bir kromofor değildir fakat yine de kromofor grubunda yer alır. Şekil 3.7’de nitro boyalara örnek verilmiştir.



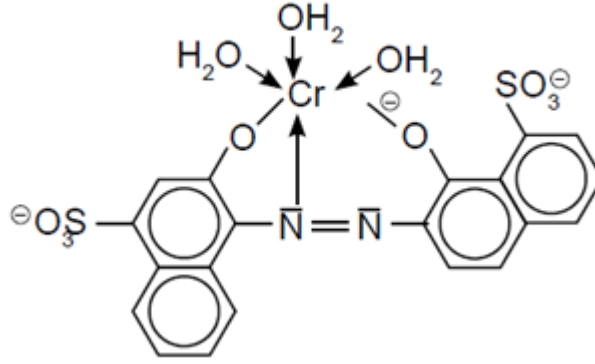
Şekil 3.7. Nitro boya örneği [32].

Ftalosiyenin Boyar Maddeleri: Ftalosiyenin’in farklı metal iyonlarıyla kompleksleşmesinden ve ftalosiyenin halkasına çeşitli gruplar eklenmesiyle elde edilir. Şekil 3.8’de Ftalosiyenin’e örnek verilmiştir.



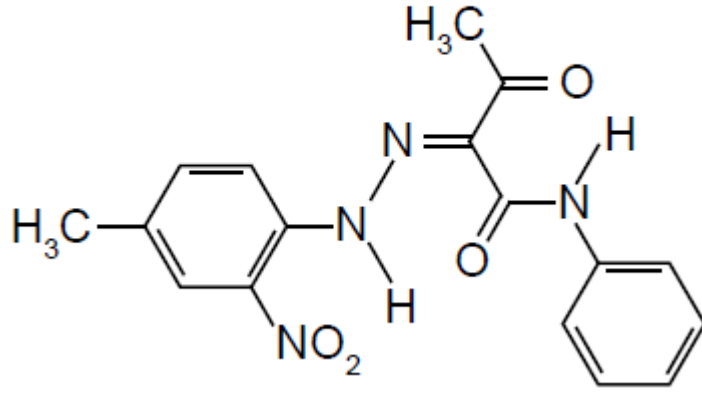
Şekil 3.8. Ftalosiyenin boya örneği [32].

Mordan Boyar Maddeleri: Koordinasyon bileşiklerinin oluşturduğu boyalardır. Mordan boyalar elektronlarını çözelti ortamındaki metal iyonlarıyla paylaşabilir. Şekil 3.9’da mordan boyalara örnek verilmiştir.



Şekil 3.9. Mordan boya örneği [32].

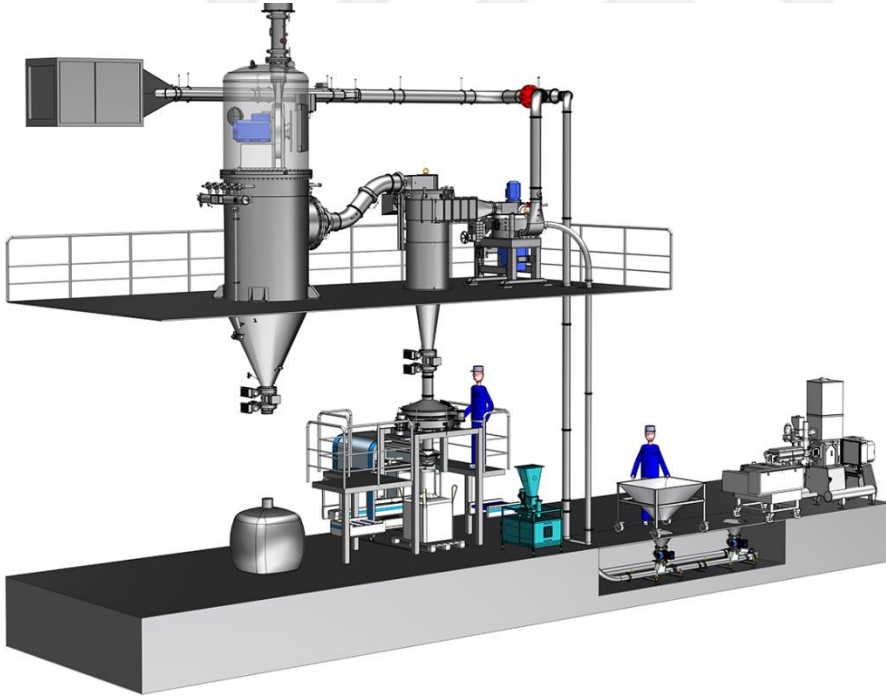
Pigmentler: Opak olan fakat yapıları renkli olan çözücü içinde çözünmeyen boya maddesidir. Opak oldukları için tekstilde pigmenti ara maddesi olması gerekmektedir. Pigmentler kararlı maddelerdir çünkü genellikle hidrojen bağı yapabilmektedir. Diğer boya maddelerine göre çözücü içerisinde kolay çözünmezler. Şekil 3.10’da pigmentlere örnek verilmiştir.



Şekil 3.10. Pigment boya örneği [32].

3.4. Boya Üretim Yöntemi ve Teknolojisi

Boya yapımında kullanılan hammaddelerin kullanılması ile elde edilen boyalar dört grupta incelenmektedir [33]. Şekil 3.11’de boya üretimi tesisine örnek verilmiştir.



Şekil 3.11. Boya üretim tesisi [33].

Kurutma metoduna göre:

- Fiziksel kurumalı (fırın)
- Kimyasal kurumalı (sertleştiriciyle kurutulan boyalar)

Kullanım yerlerine göre:

- İnşaat boyaları
- Uçak boyaları
- Gemi boyaları
- Zemin için kullanılan boyalar
- Metal boyaları
- Tekstil boyaları
- Gıda içerisinde kullanılan boyalar
- İşaretleme boyaları

Kullanılan çözücüye göre:

- Su bazlı
- Solvent bazlı

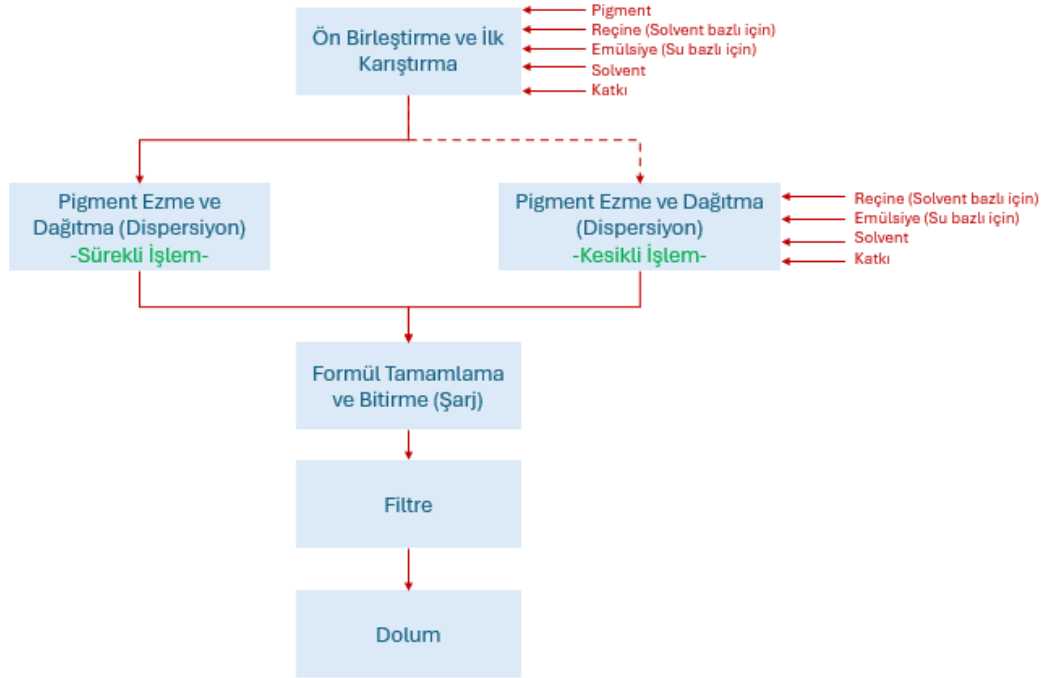
Kullanılan reçineye göre:

- Selülozik
- Akrilik
- Epoxy
- Sentetik
- Alkid
- Poliüretan
- Isıya dayanıklı
- Fırın kurutmalı
- Nem kürlenmeli

3.4.1. Boya üretim süreçleri

Tüm sınıflandırılan boya türlerinin üretiminde kullanılan hammaddelerde farklılıklar olsa da üretim evreleri benzerlik göstermektedir. Üretim akış şeması, boya

hammaddelerinin karıştırılması, ezilmesi, formül tamamlaması, filtreleme ve dolum aşamalarından oluşmaktadır [33]. Şekil 3.12’de boya üretim akış şeması verilmiştir.



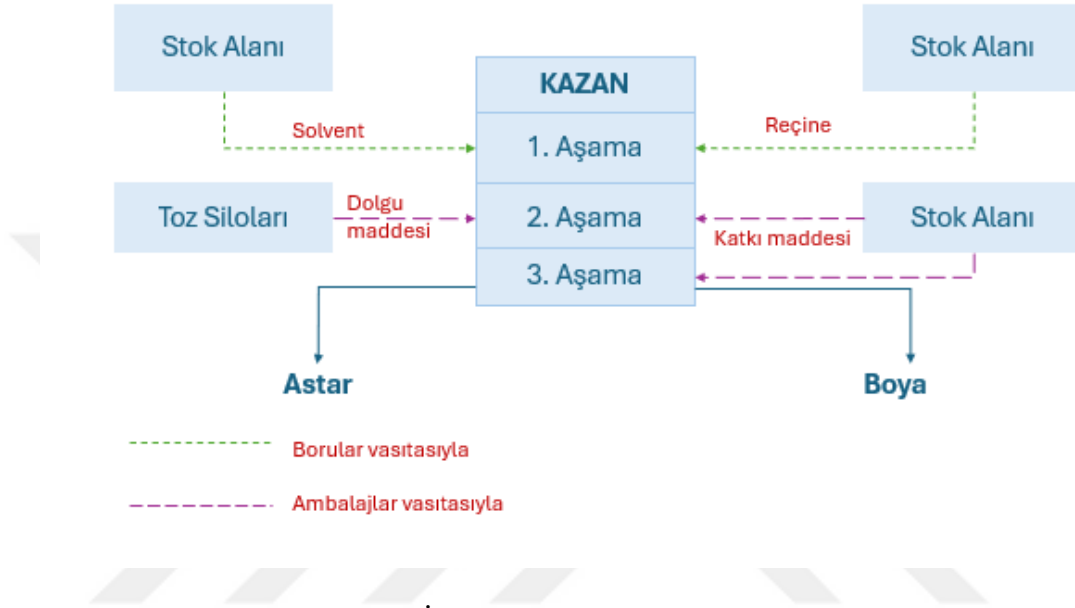
Şekil 3.12. Boya üretim akış şeması [33].

3.4.2. Ön birleştirme ve ilk karıştırma

Bu işlem hammaddelerin (reçine, solvent, pigment, dolgular ve katkıları) karıştırma kazanına dozunu ayarlamayla başlar. Üretim aşamasının son adımı sıvı hammaddeler de eklenebilir. Üretim tesisinin alt yapısı ve tasarımına göre hammaddelerin eklenmesi için farklı yöntemler uygulanabilmektedir. Karıştırma kazanlarına sıvı hammaddeler doğrudan boru ile bağlandığında sıvının miktarı sıvı akış ölçümüyle ölçülmektedir. Varillerden alınan sıvı maddeler de tartılarak varil pompasıyla karıştırma kazanlarına aktarılır. Katı hammaddeler ise tartılarak karıştırma kazanlarına dökülmektedir. Bu işlem elle ya da otomatik dozaj sistemleri ile yapılmaktadır.

Karıştırıcı altındaki kazanlarda ilk karıştırma işlemi yapılmaktadır. Karıştırıcı pervanelerin dönüşüyle oluşan moment etkisi ile kazan içinde bulunan sıvı ve katı karışım ezilerek homojenize olmaktadır. Katıların (toz) kazandaki sıvı karışıma eklenmesi karıştırma işlemi devam ederken yapılmaktadır. Bu şekilde yapılmazsa tozlar sıvı içinde topaklaşır ve aglomerasyonun bozulması zorlaşır.

Karışımın kimyasal uygunluğu kalite kontrol ekipleri tarafından kontrol edilerek onaylanır. Bu aşamadaki hedef, karışımı biten yarı mamulün homojenizasyonunun sağlanmış olması ve katı hammaddelerden dolgu ve pigmentlerin tanecik büyüklüklerinin belirli oranda küçültülmüş olmasıdır [33]. Şekil 3.13'te ilk karıştırma süreç haritası verilmiştir.



Şekil 3.13. İlk karıştırma ünitesi süreç akışı [33].

3.4.3. Ezme ve dağıtma

İlk aşamadan geçen yarı mamuller ezme ünitesine gönderilir. Tanecik çapları büyük olan sıvı katı karışımındaki yarı mamuller, boyutlarının daha da küçülmesi amacıyla ezilme işlemine sokulur. Ezilme işlemi genellikle tek aşamada tamamlanmaktadır, bu işlem birkaç kez tekrarlanmaktadır. Ezilme tespiti yapıldıktan sonra yarı mamul makineden çıkarılmaktadır. Bu aşamada yarı mamule hiçbir şekilde kimyasal ilavesi yapılmamaktadır. Ezme işlemi için değirmenler kullanılır (zirkonyum, metal, cam bilyeler). Ezme işlemi tamamlanan yarı mamuller borular yardımıyla ya da kazanlarla şarj ünitesine aktarılmaktadır [33].

3.4.4. Formül tamamlama ve bitirme

Bu üniteye yarı mamul aşamasının tamamlanması işlemi gerçekleştirilir. Yarı mamul formülünün %60'ı tamamlanmış olarak gelmektedir. Viskozite, renk ve geri kalan hammadde ilaveleri bu üniteye yapılmaktadır. Bu üniteye genellikle sıvı hammaddeler girmektedir.

Bitirme işlemi; inceltme, karıştırma ve renklendirme işlemlerini içermektedir. Boyanın yüzeye kolay bir şekilde uygulanabilmesi için solvent, tiner ve bağlayıcının eklenmesi inceltme işlemi ile yapılmaktadır. Bu işlemden sonra boya son hacmine ulaşır. Renklendirmede ise ürün son rengini alır. Karıştırma bu üniteadaki son adımdır. Burada istenilen ürünün özelliklerini sağlamak için eklenenlerin birleşmesi sağlanmaktadır [33].

3.4.5. Dolum

Yarı mamuller üretim aşamalarını tamamladıktan sonra kontrol aşamasına geçerek dolum tanklarından dolum makinelerine alınır. Müşterinin taleplerine göre ambalaj çeşitleri kullanılmaktadır (IBC, varil, bidon, galon). Ek olarak bu üniteye son ürünler filtreleme işleminden geçirilir. Bunun için kartuş ya da süzgeç tipi filtreler kullanılmaktadır [33].

4. MATERYAL VE METOT

Tez kapsamında Eskişehir ilinde faaliyet gösteren boya üretim fabrikasında çalışma gerçekleştirilmiştir. Uluslararası düzeyde yararlanılan NFPA (National Fire Protection Association), 6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu kapsamında, İş Sağlığı ve Güvenliği Risk Değerlendirme Yönetmeliği ve uluslararası kabullerle değerlendirmeler yapılmıştır. Risk değerlendirilmesi yapılırken fabrikada incelemeler yapıp işletme içerisindeki alınması gereken önlemler hakkında Fine-Kinney risk değerlendirme metoduyla çalışmalar yapılmıştır.

4.1. Risk Değerlendirme Yöntemi

Çalışma ortamında bulunan ya da dış ortamdan kaynaklanan tehlikelerin tespiti, bu tespitteki tehlikelerin riskle sonuçlanmasına sebep olabilecek etmenler ile tehlikelerden kaynaklanan risklerin çözümlenerek derecelendirilmesi ve kontrol önlemlerinin karşılaştırılması amacıyla yapılması gereken çalışmalar risk analizinin tanımı olarak 6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu'nda yer almaktadır [34].

Yaşam ortamının ve çevre güvenliğiyle ilgili risklerin değerlendirilmesi, iş kazaları-meslek hastalıklarıyla ilgili verileri toplayarak tehlikeli durumların riske dönüşümünü engellemek için etkili güvenlik yöntemlerinin oluşturulması ise risk yönetimi ile sağlanmaktadır [35].

Risk yönetimi altı basamaktan oluşmaktadır:

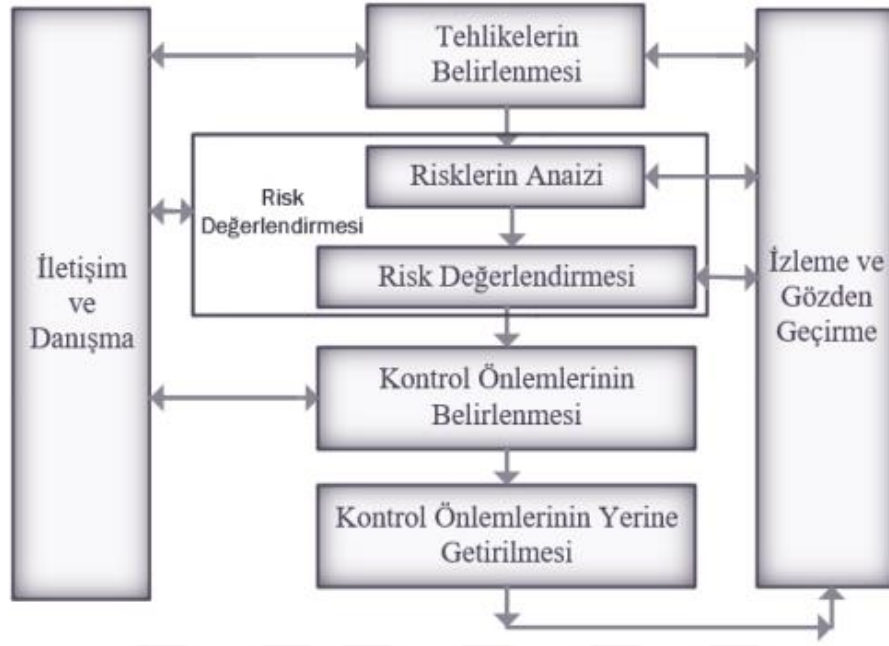
- Tehlikelerin tanımlanması; basamağın temelini oluşturmaktadır. Potansiyel olarak şirket içerisindeki zarar ya da hasara neden olabilecek etkenlerin belirlenmesidir.
- Risklerin belirlenmesi; tespit edilen tehlikeler detaylandırılarak analiz edilir ve bu tehlikelerden dolayı meydana gelebilecek risklerin belirlenmesidir.
- Risk değerlendirme; riskler analiz edilerek prosedürler hazırlanmakta, daha önce belirlenen değerlerle riskler seviyeleri kıyaslanmaktadır. Kabul değere geriletilemeyen riskler için önlemler değerlendirilir.

- Kontrol önlemlerinin belirlenmesi; riskin şiddet derecesinin azaltılması, tehlikelerin ve riskin ortadan kaldırılması değerlendirilmektedir. Tespit edilen önlemlerin riski kabul edilebilir düzeye indirmeyi değerlendirmektedir [35]. Risk kontrol önlemleri Tablo 4.1’de verilmiştir.

Tablo 4.1. Risk kontrol önlemleri hiyerarşisi [35].

Seçim Sırası	Kontrol Önlemi
İlk Seçim	Riskin ortadan kaldırılması
İkinci Seçim	Yerine koyma (ikame)
Üçüncü Seçim	Yalıtım ve izolasyon
Dördüncü Seçim	Yönetsel önlemler kurallar, politikalar
Beşinci Seçim	Kişisel koruma

- Kontrol önlemlerinin yerine getirilmesi; İlk dört maddedeki kontrol tedbirlerinin uygulanmasıdır. Kontrol tedbirleri düşük risk grupları için kolay yöntemlerle ve düşük maliyetle uygulanır. Yüksek risk gruplarında ise hızlı bir şekilde kontrol tedbirleri tespit edilmelidir.
- İzleme ve gözden geçirme; diğer yöntemlerde gözden kaçan ya da süre içerisinde yeni bir tehlike ortaya çıkabilir. Bu nedenle bu ihtimalleri bertaraf etmek için risklerin kesintisiz olarak izlendiği basamaktır. Hedeflenen sonuçlara ulaşp ulaşamadığı da bu aşamada kontrol edilir [35]. Risk yönetim süreci Şekil 4.1’de verilmiştir.



Şekil 4.1. Risk yönetim süreci [35].

4.1.1. Tehlike ve işletilebilirlik metodu (HAZOP)

Tehlike ve İşletilebilirlik (HAZOP), kimyasal, ilaç, petrol ve gaz ile nükleer endüstrilerde tasarımların güvenliğinin gözden geçirilmesi ve mevcut proses ve operasyonların yeniden gözden geçirilmesi yoluyla ortaya çıkarılabilecek potansiyel sorunların belirlenmesine yönelik sistematik bir yaklaşımdır.

OSHA'nın Proses Güvenliği Yönetimi (PSM) standardında tanınan bir Proses Tehlike Analizi (PHA) yöntemidir. Karmaşık proseslerdeki tehlikeleri ve riskleri belirlemek, değerlendirmek ve kontrol etmek için bir risk yönetimi biçimidir. Uygun şekilde işlenip işlenmezse işçilerde önemli yaralanmalara ve mülke ve şirket itibarına büyük zararlar verebilecek son derece tehlikeli kimyasalları içerir. Kuruluşun şunları ele almasına yardımcı olur:

- İşletme faaliyetlerindeki potansiyel tehlikeler,
- Felaketle sonuçlanma olasılığı olan geçmiş olaylar,
- İnsan tarafından kontrol edilen faktörler,
- Uygulanan kontrol önlemlerinin başarısızlığının sonuçları, olası sağlık ve güvenlik risklerinin kapsamı [36].

4.1.2. Risk değerlendirme karar matrisi (L matrisi)

Tehditlerin kabul edilirliliğini ortaya çıkarmak, mevcut tehditlerin gerçekleşme olasılıklarını tespit etmek, tehditlerin ortaya çıkmasıyla zararların tespit edilmesi, MIL_STD_882-D ABD askeri standardının sistem güvenlik ihtiyaçlarının karşılanması için amacıyla geliştirilmiştir.

L matrisi, 5x5 matris diyagramı olasılık ve şiddetin birbiri ile bağlantısının değerlendirilmesi amacıyla kullanılmaktadır. Bu matris türünde ortaya çıkarılan risklerin derecelendirilmesi, aynı zamanda gerekli işlemlerin yapılması amacıyla kullanılır. Her risk için şiddet ve olasılık açısından tespitler ele alınır ve puan verilir. Olasılık ve şiddet puanlarının çarpımı ile risk puanı hesaplanır [37]. Tablo 4.2’de L tipi risk derecelendirme matrisi verilmiştir.

Tablo 4.2. L tipi risk değerlendirme matrisi [37].

OLASILIK/İHTİMAL	ŞİDDET				
	Çok Hafif (1)	Hafif (2)	Orta (3)	Ciddi (4)	Çok Ciddi (5)
Hemen Hemen Hiç (1)	Anlamsız (1)	Düşük (2)	Düşük (3)	Düşük (4)	Düşük (5)
Çok Az (2)	Düşük (2)	Düşük (4)	Düşük (6)	Orta (8)	Orta (10)
Az (3)	Düşük (3)	Düşük (6)	Orta (9)	Orta (12)	Yüksek (15)
Sıklıkla (4)	Düşük (4)	Orta (8)	Orta (12)	Yüksek (16)	Yüksek (20)
Çok Sıklıkla (5)	Düşük (5)	Orta (10)	Yüksek (15)	Yüksek (20)	Tolere Edilemez (25)

4.1.3. Kontrol listesi metodu

Kontrol listesi metodu bir ön tehlike analizi yöntemidir. Risk analizi ve tanımlanan adımların uygulamaya alınıp alınmadığı kontrol edilir ve tehlikeler izlenir. İSG kontrol listeleriyle çalışma ortamında riskli yerler belirlenip daha etkili risk değerlendirmesi yapmak kolaylaşmaktadır [38].

4.1.4. Fine-Kinney risk analiz metodu

Fine-Kinney analiz yöntemi diğer araştırma yöntemlerine göre risk değerlendirmelerinde daha çok kullanılmaktadır. Bu durumun temel sebebi pratikte uygulanabilirliği ve analizin daha hassas yapılabilirliğidir. Fine-Kinney analiz metodunda etki, frekans ve ihtimal faktörleri ayrı ayrı incelenebilmekte, günümüzdeki yöntemlerin iyileşmesine destek olmaktadır [39].

Fine-Kinney metodu, riskleri önceliklendirerek ve kaynakları etkili bir şekilde kullanarak risklerin ağırlık oranlarını hesaplayabilmektedir. Ağırlık oranları hesaplandıktan sonra onları derecelendirmekte ve önlemlerin ne zaman alınması gerektiğine karar vermede yardımcı olmaktadır. Aynı zamanda şirketlerin istatistikleri kullanıldığı için daha gerçekçi sonuçlar elde edilmesine katkı sağlamaktadır. Fine-Kinney analizinde, İhtimal (İ), Etki (E) ve Frekans (F) skalalarını kullanarak risk derecesini (R) belirler.

$(R) = (İ) \text{ İhtimal} \times (E) \text{ Etki} \times (F) \text{ Frekans}$ ile risk derecesi hesaplanır.

Fine-Kinney metodu sayesinde risklerin ağırlık oranları hesaplanmakta ve sınıflandırma yapılmaktadır. Yapılan sınıflandırma ile tedbirlerin alınması üzerine çalışılır. Bu metotla şirketlerin veri analizlerini kullanımına olanak sağladığı için objektif sonuçlar sunmaktadır [40].

Risk derecesi formülündeki etki, tehlikenin insan ya da ortam üstünde olası zararını ifade eder. Puanlama yapılırken zarar kısmında ölüm durumu söz konusuysa 40 puan (tek vefat) veya 100 puan (birden fazla vefat) olarak yapılır. Eğer herhangi bir belirsizlik varsa etki değerlendirme puanı daha büyük verilmelidir [40]. Tablo 4.3'te Fine-Kinney risk analiz metodundaki etki değerleri verilmiştir.

Tablo 4.3. Fine-Kinney etki değeri tablosu [41].

Değer	Açıklama	Kategori
1	Dikkate alınma	Hafif-zararsız veya önemsiz
3	Önemli	Minör-düşük iş kaybı, küçük hasar, ilk yardım
7	Ciddi	Majör-önemli zarar, dış tedavi, işgünü kaybı
15	Çok Ciddi	Sakatlı, uzuv kaybı, çevresel etki
40	Çok Kötü	Ölüm, tam maluliyet, ağır çevresel etki
100	Felaket	Birden çok ölüm, önemli çevre felaketi

Risk derecesi formülündeki bir diğer etken ise frekanstır. Belirli bir süre içerisinde tehditlenme sıklığı frekans olarak adlandırılır. Kısaca iş sırasında tehlikeye maruz kalma sıklığı denilebilir. [40]. Tablo 4.4.'te Fine-Kinney Frekans değeri çizelgesi verilmiştir.

Tablo 4.4. Fine-Kinney frekans değeri tablosu [41].

Değer	Açıklama	Kategori
0,5	Çok nadir	Yılda bir ya da daha az
1	Oldukça nadir	Yılda bir ya da birkaç kez
2	Nadir	Ayda bir ya da birkaç kez
3	Ara sıra	Haftada bir ya da birkaç kez
6	Sıklıkla	Günde bir ya da daha fazla
10	Sürekli	Sürekli ya da saatte birden fazla

Risk derecesi formülünün bir diğer çarpanı olan ihtimal ise bir zararın gerçekleşme ihtimalini ifade eder. Risk değerlendirmesinin ilk aşamasında herhangi bir kontrol önlemi göz önüne alınmaz, bu nedenle ihtimaller her an en zor senaryo olarak ele alınır. Yapılan iyileştirici işlemlerde tek değişen ihtimaldir, bu durumda frekans veya etkiyi etkilemez [40]. Tablo 4.5'te İhtimal değeri çizelgesi verilmiştir.

Tablo 4.5. Fine-Kinney İhtimal değeri tablosu [41].

Değer	Açıklama
0,2	Pratik olarak imkânsız
0,5	Zayıf ihtimal
1	Oldukça düşük ihtimal
3	Nadir fakat olabilir
6	Kuvvetle muhtemel
10	Çok kuvvetli ihtimal

Fine-Kinney risk değerlendirme metodunda, 0-20 arasında oluşan riskler için herhangi bir kontrol önlemi gerekmeyebilir buna karşın 0-20 arasında olan bir risk için uygulanan kontroller de mevcuttur. Bunun için referans alınabilecek kontroller bulunmaktadır.

Genellikle en yaygın risk derecesi 20-70 olan aralıktır ve çoğu risk bu aralıktaki ortaya çıkar. Bu değerleri kapsayan riskler için, yasal bir gereklilik yoksa özel önlemler alınması gerekmez. Ancak genellikle "olası risk" kavramı, bir tür tedbir neticesi şeklinde oluşur. 20-70 arasındaki risklerde, riskin bu derecede kalmasını sağlayan bir kontrol mekanizmasına dayanak olması beklenir. Bu dayanak, talimatlara, prosedürlere, ihtar levhalarına, eğitime veya kişisel donanım ekipman kullanımına dayanabilir [42].

70 ve üzerinde puan alan riskler için iyileştirici durum planı oluşturulması zorunludur. Aynı zamanda planlanan eylemler için yetkililer, zamanlamalar, maliyetler vb. belirlenmelidir. Eğer bütün tedbirler alındıysa ve yeni tedbirler alınamıyorsa, risk değerlendirme metoduna, bu tür durumlarda tehlikelerin bilinerek çalışılacağına dair bir ifade eklenmelidir [42].

Tehlike 400 ve üzerinde puanlanıyorsa aksiyonların tamamlanma süreleri yeniden gözden geçirilmeli ve acil tedbirler oluşturulmalıdır. Acil tedbirler gerçekleştirilene kadar süreçte ne şekilde çalışılacağı net bir şekilde belirtilmelidir [42].

Alınan nlemler gerçekleştirildikten sonra derecelendirme gözden geçirilmelidir. Bunun sonucunda hala 70 ve üzerinde olan riskler için tedbirler alınarak çalışmalara devam edilebilir. 70 ve üstünde olan riskler için oluşturulan denetim metodu, tedbirlerin devamlılığı açısından büyük değer taşır. Bütün tedbirlere rağmen 400 ve üzeri puan alan risklerle ilgili çalışmalar kesinlikle tesisin en st görevlisi ile paylaşılması gerekmektedir. Belirlenen tehlikeler ve olası riskler, Fine-Kinney metoduyla değerlendirilerek puanlandırılmış ve sonuçlar ile yapılması gereken düzeltici veya önleyici çalışmalar tabloları sunulmuştur. Tablo 4.6'da risk düzeyine göre verilecek karar ve eylemler gösterilmiştir.

Tablo 4.6. Risk düzeyine göre karar ve eylemler [42].

Sıra	Risk değeri	Karar	Eylem
1	$R < 20$	Kabul Edilebilir Risk	Acil tedbir gerekmebilir
2	$20 \leq R < 70$	Kesin Risk	Eylem planına alınmalı
3	$70 \leq R < 200$	Önemli Risk	Dikkatle izlenmeli ve yıllık eylem planına alınarak giderilmeli
4	$200 \leq R < 400$	Yüksek Risk	Kısa vadede eylem planına alınarak giderilmeli
5	$R \geq 400$	Çok Yüksek Risk	Çalışmaya ara verilerek derhal tedbir alınmalı

5. ARAŞTIRMA BULGULARI

5.1. Boya Üretim Fabrikasındaki Yangın Risk Değerlendirmesi

Boya üretim fabrikasının yangın güvenlik önlemleri, 6331 sayılı İş sağlığı ve Güvenliği Kanunu, Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelik, İş sağlığı ve Güvenliği Risk Değerlendirme Yönetmeliği ve NFPA standartları göz önünde bulundurularak değerlendirilmiştir. Genel olarak, fabrikanın yangın güvenliği risk değerlendirmesi yapılmıştır fakat fabrikanın içeriği göz önüne alındığında daha detaylı bir çalışma yapılması gerekebilir.

Bu çalışma kapsamında Eskişehir ilinde bulunan bir boya üretim fabrikasının yangın riskleri sistematik bir yaklaşımla belirlenmiş ve herhangi bir yangının binada bulunan kişiler üzerindeki etkileri göz önüne alınarak kapsamlı bir inceleme yapılmıştır. Çalışmada tespit edilen risk değerlerini azaltma üzerine iyileştirmeler hedeflenmiştir. Fine-Kinney metoduyla ortaya çıkan riskleri azaltmak için gerekli önlemler belirlenmiş ve atılması gereken adımlar fabrika yetkilisi ile paylaşılmıştır. Ek olarak yangının fabrika dışına sıçrama ihtimalini de göz önünde bulundurarak bu durumda çevre yerleşkelerin de yangın konusunda bilgilendirilmesi gerektiği aktarılmıştır.

Fine-Kinney metoduyla yapılan risk analizi sonucunda elde edilen risk değerleri ve ilgili düzeltici ve önleyici faaliyetlerin gerekliliği ile alınan aksiyonların etkileri Tablo 5.1'de literatür araştırmalarından elde edilen verilerden yararlanılarak oluşturulmuştur.

Sürekli değişen süreçler göz önüne alındığında yangın güvenliği risk değerlendirme raporu düzenli olarak gözden geçirilmelidir. Tespit edilen riskleri etkileyebilecek veya yeni yangın riskleri oluşturabilecek durumlar ortaya çıktığında, raporun güncellenmesi önem arz etmektedir.

Tablo 5.1. Boya üretim fabrikası yangın risk değerlendirme tablosu.

No	Alan	Tehlike	Risk	Mevcut Durum Değerleri					Düzenleyici Önleyici Faaliyetler	Döf Sonrası Değerler				
				(İ) İhtimal	(F) Frekans	(E) Etki	Risk Puanı	Risk Değ. Sonucu		(İ) İhtimal	(F) Frekans	(E) Etki	Risk Puanı	Risk Değ. Sonucu
1	Depolama alanı	Depolama alanlarının üretim alanında bulunması	Üretim alanındaki yangının depolama alanına yayılması ve yangın çıkması	6	1	100	600	Çok yüksek risk	a) Depolama alanı üretim alanı içerisinde çıkarılmalıdır. b) Depolama alanı için güvenlik önlemleri alınmalıdır. c) Depolama alanlarının kapalı alanlara alınarak yangın güvenlik önlemleri alınmalıdır. d) Malzemelerin ayrıştırılarak düzgün istiflenmelidir.	0,2	1	100	50	Kesin risk
2	Depolama alanı	Malzemelerin ve içindeki maddelerin yapısı	Farklı içerikteki boyaların karışık halde depolanması sonucu yangın çıkması	3	1	100	300	Yüksek risk	a) Depolama alanında bulunan boyaların içeriklerine göre depolanması gerekmektedir. b) Yangın riski yüksek boyalardan az riskli boyalara göre renk kodlarının verilmesi gerekmektedir. d) Yangının sirayeti engelleyecek bölmeler yapılmalıdır.	0,5	1	40	20	Kesin risk
3	Depolama alanı	Depolama alanlarını çevresinde sigara içilmesi, ateş yakılması	Malzemelerin tutuşması sonucu yangın	6	2	100	1200	Çok yüksek risk	a) Personelin yangın güvenliği konusunda standartları bilmesi gerekir. b) Personel iş güvenliği talimatlarına uymalıdır.	1	2	40	80	Önemli risk
4	Boya üretim alanı	Boya üretim alanının tesisle iç içe olması/ izole alanın olmaması	Boya üretim alanının izole olmaması sonucu yangının fabrikanın tamamına hızla sirayet etmesi	6	1	100	600	Çok yüksek risk	a) Boya üretim alanının fabrika içerisinde izole olması gerekir (izole kapılar vs.) b) Çalışanlar üzerindeki statik elektriğin boşalması için özel bölmelerden geçmesi gerekir.	0,5	1	15	7,5	Kabul edilebilir risk

Table 5.1. (Devamı) Boya üretim fabrikası yangın risk değerlendirme tablosu.

No	Alan	Tehlike	Risk	Mevcut Durum Değerleri					Düzenleyici Önleyici Faaliyetler	Döf Sonrası Değerler				
				(I) İhtimal	(F) Frekans	(E) Etki	Risk Puanı	Risk Değ. Sonucu		(I) İhtimal	(F) Frekans	(E) Etki	Risk Puanı	Risk Değ. Sonucu
5	Boya üretim alanı	Boya üretim alanının yangına müdahale edilemeyecek şekilde düzenlenmesi	Yangının hızlı şekilde sirayet etmesi	3	1	100	300	Yüksek risk	a) Bina krokisinde boy üretim alanı yangın araçlarının yolu üzerinde olacak şekilde tekrar konumlandırılmalıdır. b) Üretim aşamaları bölümlendirilmelidir. Her bölüm arasında izolasyon sağlanmalıdır.	0,5	1	15	7,5	Kabul edilebilir risk
6	Makina ve teçhizatlar	Makine ve teçhizatların bakımlarının yapılmaması	Makine ve teçhizatların parçalarının yıpranması sonucu yangın	3	1	100	300	Yüksek risk	a) Makina ve teçhizatlarının periyodik bakımlarının zamanında yapılmalıdır. b) Makina ve teçhizatların kullanım ömürleri takip edilmelidir.	0,2	2	100	40	Kesin risk
7	Makina ve teçhizatlar	Makine ve teçhizatların uzman personel tarafından kullanılmaması	Makin eve teçhizatın yanlış kullanılması sonucu yangın	3	1	100	300	Yüksek risk	a) Makine ve teçhizatlar uzman personel tarafından kullanılmalıdır. b) Çalıştırma ve kullanma talimatlarına kullanıcılar tarafından okunmalıdır.	1	3	100	300	Yüksek risk
8	Makina ve teçhizatlar	Makine ve teçhizatların topraklama bağlantılarının olmaması	Statik elektrik sonucu yangın	6	3	100	1800	Çok yüksek risk	a) Makin eve teçhizatlarının topraklama bağlantıları yapılmalıdır. b) Statik elektriği engelleyici izolasyon yöntemleri kullanılmalıdır.	3	2	40	240	Yüksek risk
9	Makina ve teçhizatlar	Makina ve teçhizatların aşırı ısınması	Aşırı ısınma sonucu yangın	6	2	40	480	Çok yüksek risk	a) Makine ve teçhizatların aşırı ısınmasını engelleyici soğutma ve yağlama sistemlerinin kurulması gerekir. b) Periyodik olarak bakımlarının yapılması.	1	1	7	7	Kabul edilebilir risk

Table 5.1. (Devamı) Boya üretim fabrikası yangın risk değerlendirme tablosu.

No	Alan	Tehlike	Risk	Mevcut Durum Değerleri					Düzenleyici Önleyici Faaliyetler	Döf Sonrası Değerler				
				(İ) İhtimal	(F) Frekans	(E) Etki	Risk Puanı	Risk Değ. Sonucu		(İ) İhtimal	(F) Frekans	(E) Etki	Risk Puanı	Risk Değ. Sonucu
10	Çalışanlar	Çalışanların bilinçli olmaması	Yangına müdahalenin gecikmesi	3	0,5	100	150	Önemli risk	a) Tüm çalışanlara yangın eğitimi düzenli olarak verilmelidir. b) Tesis içinde yangın ekipleri belirlenmelidir. c) Yangın ekiplerinde görev alan personele teorik eğitim ve tatbikatlar düzenlenmelidir.	0,5	0,5	40	10	Kabul edilebilir risk
11	Çalışanlar	Çalışanların kıyafetlerinin uygun olmaması	Statik elektriği azaltıcı kıyafetlerin olmaması sonucu yangın çıkması	3	1	100	300	Yüksek risk	a) Çalışanların kıyafetleri statik elektriği azaltıcı/ortadan kaldırıcı özellikte olması gerekmektedir. b) Bütün çalışanların ve boya üretim alanına giren kişilerin özel kıyafetleri giymesi zorunlu kılınmalıdır.	0,5	1	100	50	Kesin risk
12	Elektrik panoları	Elektrik panolarında kaçak akım rölelerinin bulunmaması	Kaçak akım sonucu yangın	1	6	100	600	Çok yüksek risk	a) Elektrik İç Tesisat Yönetmeliğine göre elektrik panoları düzenlenmeli ve tüm sigortalar korunaklı yerlerde olmalıdır. b) Yetkili ve uzman kişiler tarafından panolarda işlem yapılabilir.	0,5	2	7	7	Kabul edilebilir risk
13	Elektrik panoları	Elektrik uyarı işaretlerinin bulunmaması	Yetkisiz ve bilinçsiz müdahale sonucu yangın	0,5	3	15	22,5	Kabul edilebilir risk	a) Uygun işaretler ve uyarıcı levhalar konulmalıdır.	0,2	2	15	6	Kabul edilebilir risk
14	Elektrik panoları	Pano önlerinde yalıtkan paspas bulunmaması	Statik elektrik sonucu yangın	6	3	15	270	Yüksek risk	a) Pano önlerine yalıtkan malzeme konularak izolasyon sağlanmalıdır.	0,5	2	15	15	Kabul edilebilir risk

Table 5.1. (Devamı) Boya üretim fabrikası yangın risk değerlendirme tablosu.

No	Alan	Tehlike	Risk	Mevcut Durum Değerleri					Düzenleyici Önleyici Faaliyetler	Döf Sonrası Değerler				
				(İ) İhtimal	(F) Frekans	(E) Etki	Risk Puanı	Risk Değ. Sonucu		(İ) İhtimal	(F) Frekans	(E) Etki	Risk Puanı	Risk Değ. Sonucu
15	Elektrik panoları	Elektrik panolarının kilitlenmemesi	Yetkisi olmayan kişilerin müdahale etmesi sonucu yangın	1	1	15	15	Kabul edilebilir risk	a) Pano üzerine sorumlu kişilerin listesi asılmalıdır. b) Panoların emniyetleri alınmalı ve kilitli tutulmalıdır. c) Pano anahtarları listede sorumlu olan personel tarafından her an müdahale edilecek şekilde muhafaza edilmelidir.	0,2	1	15	7,5	Kabul edilebilir risk
16	Elektrik panoları	Dış etkenlere karşı uygunsuzluk	Ortam ve çevre koşullarından dolayı yangın	6	3	100	360	Yüksek risk	a) Pano boya üretim alanındaki sıvılardan izoleli olarak yapılmalıdır.	1	2	15	30	Kesin risk
17	Elektrik panoları	Faz sinyal lamba ve göstergelerin düzgün çalışmaması	Mevcut durumun ve aşırı yüklenmelerin takip edilmemesi sonucu yangın	1	2	40	80	Önemli risk	a) Çalışmayan lamba göstergeler değiştirilmelidir. b) Periyodik olarak bakımları yapılmalıdır.	0,2	2	15	15	Kabul edilebilir risk
18	Elektrik kabloları	Elektrik kablolarının uygunsuz kullanımı	Yanlış kullanım ve izolasyon yetersizliği sonucu yangın	3	3	100	900	Çok yüksek risk	a) Elektrik kabloları akım şiddetine göre uygun olmalıdır. b) Kablolar yangına dayanıklı ex-proof şeklinde olmalıdır. c) Kablolarda uygunsuz şekilde ek yapılmamalıdır. d) Kablo uçları açıkta bırakılmadan uygun izolasyon malzemesi ile kapatılmalıdır.	0,5	3	15	22,5	Kabul edilebilir risk
19	Havalandırma	Havalandırma sisteminin periyodik bakımlarının yapılmaması	Boyalardaki tozun sıkışması sonucu yangın	6	6	100	3600	Çok yüksek risk	a) Havalandırma bakımları periyodik ve düzenli olarak yapılmalıdır. b) Havalandırma filtreleri düzenli olarak temizlenmeli ve gerekli ise değiştirilmelidir.	1	3	100	300	Yüksek risk

Table 5.1. (Devamı) Boya üretim fabrikası yangın risk değerlendirme tablosu.

No	Alan	Tehlike	Risk	Mevcut Durum Değerleri					Düzenleyici Önleyici Faaliyetler	Döf Sonrası Değerler				
				(İ) İhtimal	(F) Frekans	(E) Etki	Risk Puanı	Risk Değ. Sonucu		(İ) İhtimal	(F) Frekans	(E) Etki	Risk Puanı	Risk Değ. Sonucu
20	Jeneratör	Jeneratör elektrik bağlantılarının uygunsuz yapılması	Kaçak sonucu yangın	3	6	40	720	Çok yüksek risk	a) Jeneratörün besleyeceği devreler önceden tespit edilip, kapasitesinin üstünde yük çekmesi önlenmelidir. b) Jeneratör için ayrı bir tesisat çekilmelidir.	0,5	2	100	100	Önemli risk
21	Jeneratör	Düzenli bakımının yapılmaması	Arıza sonucu yangın	1	3	40	120	Önemli risk	a) Periyodik bakımları mevzuatlar çerçevesinde düzenli bir şekilde yapılmalıdır. b) Bakım raporları dosyalanmalıdır. c) Bakım ve kullanma talimatı oluşturulmalı. d) Yetkili personel tarafından kullanılmalıdır.	0,5	2	40	40	Kesin risk
22	Isıtıcı	Isıtıcının kontrolsüz kullanımı	Yangın	3	2	40	240	Yüksek risk	a) Isıtıcılar kontrollü bir şekilde kullanılmalıdır. b) Kullanılmadığında gerekli yer emniyet önlemleri alınmalıdır.	0,5	2	40	40	Kesin risk
23	Isıtma sistemleri	Isıtma sistemlerinin kontrollerinin yapılmaması	Aşırı ısınma sonucu yangın	3	2	40	240	Yüksek risk	a) Isıtma sistemlerinin periyodik bakımları düzenli olarak yapılmalıdır. b) Isıtma sistemlerinde kaçak kontrolleri yapılmalıdır. c) Isıtma sistemleri yetkili kişiler tarafından çalıştırılmalıdır.	0,5	1	40	20	Kesin risk
24	Sigara	Kapalı alan ve depolarda sigara içilmesi	Malzemenin tutuşması sonucu yangın	1	1	40	40	Kesin risk	a) Kapalı alanda ve depolarda sigara içilmemesi için çalışanlar uyarılmalıdır. b) Duman algılama dedektörleri açık olmalıdır.	0,2	1	40	8	Kabul edilebilir risk

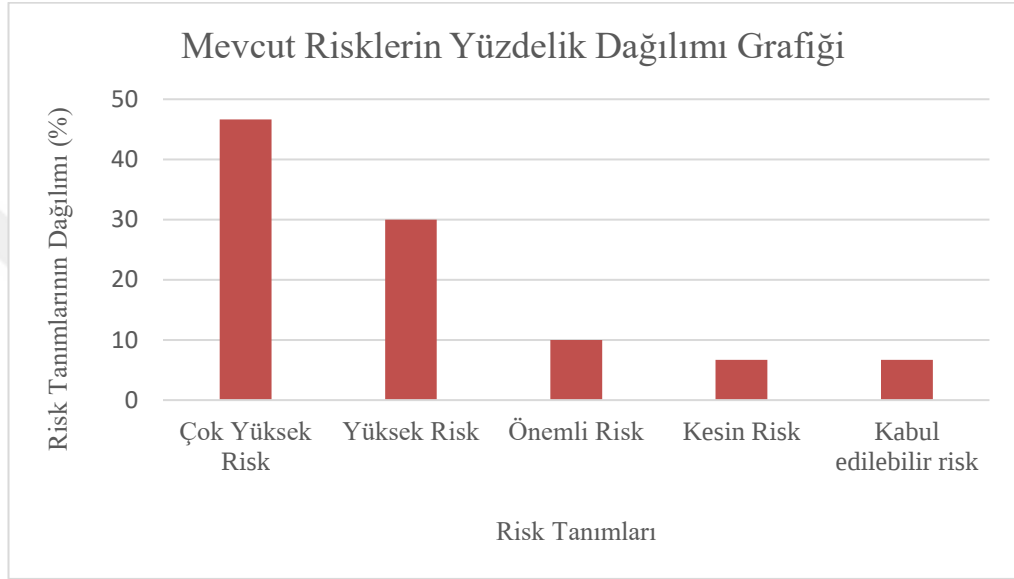
Table 5.1. (Devamı) Boya üretim fabrikası yangın risk değerlendirme tablosu.

No	Alan	Tehlike	Risk	Mevcut Durum Değerleri					Düzenleyici Önleyici Faaliyetler	Döf Sonrası Değerler				
				(İ) İhtimal	(F) Frekans	(E) Etki	Risk Puanı	Risk Değ. Sonucu		(İ) İhtimal	(F) Frekans	(E) Etki	Risk Puanı	Risk Değ. Sonucu
25	Yangın söndürme cihazı	Söndürme cihazlarının bakımlarının yapılmaması	Söndürücülerin boş olması sonucu müdahale edilemeyerek yangının büyümesi	3	1	100	300	Çok yüksek risk	a) Yangın söndürme cihazlarının periyodik kontrolleri düzenli olarak yapılmalıdır. b) Boşalan söndürücüler yenisi ile değiştirilmelidir. c) Tüplerin basınçları ve ağırlıkları düzenli olarak kontrol edilmelidir. d) Son kullanma tarihleri takip edilmeli ve belgelenmelidir.	0,5	1	100	50	Kesin risk
26	Yangın söndürme cihazı	Yangın söndürme cihazlarının yetersiz olması	Geç müdahale sonucu yangının büyümesi ve söndürülememesi	3	1	100	300	Çok yüksek risk	a) Her katta ve blokta yangın söndürücülere ulaşma mesafesi en az 25 metre olacak şekilde söndürücü bulundurulmalıdır. b) Yangın söndürme cihazlarının önlerine almayı engelleyecek malzeme konulmamalıdır. c) Yangın tüpleri yerden 90 cm olacak şekilde duvara monte edilmelidir.	0,5	1	100	50	Kesin risk
27	Yangın söndürme cihazı	Yangın söndürme cihazları doğru konumlandırılmaması	Geç müdahale sonucu yangının büyümesi ve söndürülememesi	6	2	100	1200	Çok yüksek risk	a) Portatif yangın söndürme cihazları NFPA 10 standartlarına uygun olarak kurulmalı ve bakımları yapılmalıdır. b) Yangın söndürme cihazlarının yerleri güvenlik işaretleriyle belirlenmelidir.	1	1	100	100	Önemli risk
28	Yangın sistemleri	Çalışanların yeterli bilince sahip olmaması	Geç müdahale sonucu yangının büyümesi	10	1	100	1000	Çok yüksek risk	a) Yangın sistemlerinin kullanımı hakkında yetkili firma tarafında yangın ekiplerine ve kullanıcı personele düzenli olarak eğitimleri verilmelidir.	1	1	100	100	Önemli risk

Table 5.1. (Devamı) Boya üretim fabrikası yangın risk değerlendirme tablosu.

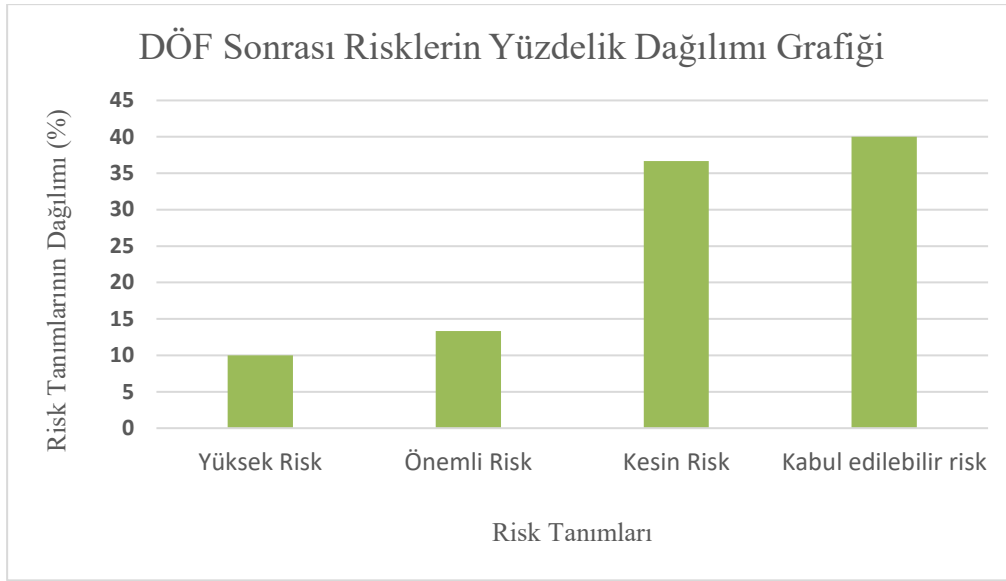
No	Alan	Tehlike	Risk	Mevcut Durum Değerleri					Düzenleyici Önleyici Faaliyetler	Döf Sonrası Değerler				
				(İ) İhtimal	(F) Frekans	(E) Etki	Risk Puanı	Risk Değ. Sonucu		(İ) İhtimal	(F) Frekans	(E) Etki	Risk Puanı	Risk Değ. Sonucu
29	Yangın alarm sistemleri	Yangın alarm sisteminin olmaması ya da arızalı olması	Geç haberdar olma sonucu yangının büyümesi	10	6	100	600	Çok yüksek risk	a) Yangın alarm sistemlerinin periyodik kontrolleri yapılmalıdır. b) Yangın alarm sistemleri faal durumda bulunmalıdır.	0,5	1	100	50	Kesin risk
30	Yangın dolabı	Yangın dolabının uygunsuz yerleşimi ve yetersiz olması	Geç müdahale sonucu yangının büyümesi ve söndürülememesi	1	1	40	40	Kesin risk	a) Yangın dolapları mevzuatta belirtilen aralıklarda kurulmalıdır. b) Yangın dolapları TS EN 671-3 standartlarda belirtilen aralıklarda periyodik kontrolleri yapılmalıdır. c) Periyodik kontrol raporları tutularak muhafaza altına alınmalıdır. d) Hortumların basınç kontrolleri yapılmalıdır. e) Musluk ve vanalarda arıza bulunmamalıdır.	0,2	1	40	8	Kabul edilebilir risk

Fine-Kinney risk analizi yöntemi ele alınarak boya üretim fabrikasının risk değerlendirme raporu hazırlanmış, tehlike kaynakları detaylı bir şekilde incelenmiştir. Hazırlanan raporda toplamda 30 risk tanımlanmış ve değerlendirilmiştir. Tanımlanan risklerin mevcut durumdaki yaklaşık yüzde dağılımları Şekil 5.1'de gösterilmiştir. Yapılan çalışma sonucunda risk değerlerinin %46,67'si çok yüksek risk, %30'u yüksek risk, %10'u önemli risk, %6,67'si kesin risk ve %6,67'si kabul edilebilir risk olarak tespit edilmiştir.



Şekil 5.1. Mevcut risk değerlerinin yüzdelik dağılımı grafiği.

Güncellenen risk analizi çalışması sonucunda risk değerlerinin yüzdelik dağılımı Şekil 5.2'de verilmiştir. Risk değerlendirmesi sonrasında yapılan 'Düzenleyici Önleyici Faktörler' uygulamasından sonra risk değerlendirme yüzdeleri; yüksek risk %10, önemli risk %13, kesin risk %37 ve kabul edilebilir risk %40 olarak değişmiştir. DÖF sonrasında çok yüksek risk kategorisi ortadan kalkmıştır. Kabul edilebilir risk değerleri ve kesin risk değeri yaklaşık yüzdesel olarak 6 kat artarak mevcut durumdaki risk çok yüksek riski ortadan kaldırıp yüksek riski ise düşürmüştür.



Şekil 5.2. DÖF sonrası risk değerlerinin yüzdelik dağılımı grafiği.

Fine-Kinney risk analizi çalışmasıyla tespit edilen riskler; çok yüksek risk, yüksek risk, önemli risk, kesin risk ve kabul edilebilir risk şeklinde sınıflandırılmıştır.

Hesaplanan risk değeri $R \geq 400$ olan riskler çok yüksek risk sınıfında değerlendirilmektedir. Bu sınıftaki risklerde çalışmalar durdurulup düzenleyici ve önleyici tedbirler alınmalıdır. Boya üretim tesisindeki yangın risk değerlendirmesinde 14 tane çok yüksek risk tespit edilmiştir.

Yüksek risk sınıfında hesaplanan risk değeri $200 \leq R < 400$ olan risklerdir. Yüksek risk sınıfında tespit edilen risklerde kısa vadede eylem planı hazırlanarak düzenleyici ve önleyici tedbirler ile risk değeri kesin risk değerine indirilmelidir. Bu tür riskler Düşük olasılıkla gerçekleşmesine rağmen, oluşması halinde toplu ölümlere yol açabilecek olan tehlikeli durumlar oluşturabilir ve bu durumlar yüksek risk taşır. Boya üretim tesisindeki yangın risk değerlendirmesinde 9 tane yüksek risk tespit edilmiştir.

Önemli riskte hesaplanan risk değeri $70 \leq R < 200$ 'dür. Önemli risk durumu dikkatle izlenerek yıllık eylem planına alınmalı ve düzenleyici ve önleyici tedbirler ile risk değeri düşürülmelidir. Boya üretim tesisindeki yangın risk değerlendirmesinde 3 tane önemli risk tespit edilmiştir.

Kesin risk değerlemesinde hesaplanan risk değeri $20 \leq R < 70$ olması gerekmektedir. Bu sınıfta eylem planı hazırlanarak risk takip edilmelidir. Ölümle sonuçlanma ihtimali bulunan riskler, bu kategoride belirgin değildir bu sebeple risklerin önlenmesi için ek

önlemler alınmasına gerek olmayabilir. Boya üretim tesisindeki yangın risk değerlendirmesinde 2 tane kesin risk tespit edilmiştir.

Acil tedbir gerektirmeyen risk grubu kabul edilebilir risk olarak adlandırılmaktadır ve hesaplanan risk değeri $R < 20$ şeklinde olmalıdır. Boya üretim tesisindeki yangın risk değerlendirmesinde 2 tane kabul edilebilir risk tespit edilmiştir.

Üretim tesisinde çıkabilecek yangın sonucunda birden fazla ölümün gerçekleşme riski çok yüksek olduğundan Fine-Kinney risk değerlendirmesi çalışmasında belirlenen risklerin büyük bir kısmı çok yüksek veya yüksek risk sınıfında tespit edilmiştir.

Boya üretim fabrikasındaki çok yüksek risklerin başında depolama alanları ve izole ortamın olmayışı, yangın önleme sistemlerindeki aksaklıklar ve çalışanların bilinçlendirilmemesi gelmektedir. Bu tür risklerin ölüm riskleri çok yüksektir ve önemli çevre felaketine neden olmaktadır. Bu gibi ağır durumların yaşanmaması için düzenleyici ve önleyici tedbirler faaliyete geçirilmelidir.

Elektrik panoları, ısıtıcılar ve makine teçhizatlarındaki riskler yüksek risk sınıfını oluşturmaktadır. Bu tür riskler için çalışmaya ara verilerek tedbirler alınmalı ve kısa vadede eylem planı gerçekleştirilerek sonuçları dikkatle izlenmelidir.

Düzenleyici ve önleyici tedbirler ile çok yüksek risk sınıfı ortadan kaldırılmış kesin risk ve kabul edilebilir risk sayısı arttırılmıştır.



6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Tesislerde yapılan yangın risk analiz çalışmaları, tespit edilen riskleri tamamen yok etmeye yönelik değil riskleri azaltmak ve kabul edilebilir düzeye indirmek üzerine yapılmaktadır. Bu tür çalışmalar sayesinde riske sebep olan durumlar düzenli olarak kontrol edilerek olası değişikliklerin sebep olduğu risklere zamanında müdahale edilmekte ve kaza/ölüm riskleri ortadan kaldırılabilir.

Boya üretim tesisinde yangın riskine yönelik yapılan Fine-Kinney risk analiz metoduyla tesisteki yangın riskleri incelenmiş, olası tehlikeler belirlenmiş, risk seviyeleri hesaplanmış ve olumsuz senaryoların önlenmesi için çözümler üzerinde çalışılmıştır. Risk değerlendirme analizinde, boya üretim fabrikasının yangın güvenliğinin artırılması ve yangının maddi ve manevi zararlarının azaltılması üzerine çalışılmıştır.

Boya üretim fabrikasının yangın risk analizinde 30 alan için yapılan risk hesabı sonucunda 14 tane çok yüksek risk, 9 tane yüksek risk, 3 tane önemli risk, 2 tane kesin risk ve 2 tane kabul edilebilir risk tespit edilmiştir.

Yapılan çalışma sonucunda yangın riskinin azaltılması ya da ortadan kaldırılması için tedbirler aşağıda verilmiştir:

- Depolama alanlarının yeniden düzenlenmesi ve üretim tesisi ile ayrıştırılması gerekmektedir.
- Makine ve teçhizatların periyodik bakımlarının zamanında yapılması ve bu aletleri kullanan personelin eğitimi için planlama yapılmalıdır.
- Çalışanların kıyafetleri statik elektriğe neden olmayacak kumaştan özel olarak yapılmalı ve bu kıyafetlerin giyilmesi zorunlu hale getirilmelidir.
- Elektrik kabloları ve panoları yönetmeliğe uygun olarak düzenlenmelidir.
- Havalandırmaların ve ısıtıcıların periyodik bakımları düzenli bir şekilde yapılmalıdır.
- Hassas alanlarda erken uyarı ve alarm sistemlerinin kurulması, aynı zamanda etkin yangın söndürme sistemlerinin kurulmasını gerektirir.

- Düzenli yangın tatbikatları yapılarak ve yangın söndürme aleti kullanma eğitimleri verilerek personel bilinçlendirilmelidir.
- Tesiste acil durum planları oluşturularak yangın güvenliği riskleri en aza indirilmelidir.

Bu tez kapsamında, bir boya üretim fabrikasındaki yangın riskler fabrika gezilerek tespit edilmiş ve risklerin azaltılması için Fine-Kinney risk analiz metodu kullanılarak çalışma gerçekleştirilmiştir. Fine-Kinney analiz metodunda risk değeri hesaplanırken bütün çarpanların önemi büyüktür. Özellikle frekans değeri ile belirlenen sıklık değeri analiz için nicel bir kavram oluşturmaktadır. Fine-Kinney analiz metodunda sayısal değerlendirmelerle yangın riski tayini yapılabildiğinden bu çalışma için tercih edilmiştir.

Tesislerdeki yangın güvenlik önlemleri arasındaki ilk amaç tesiste oluşabilecek yangının engellenmesidir. Yangının engellenmesinin mümkün olmadığı durumlarda yangının başında kontrol altına alarak yayılmasını önlemektir. Çünkü kontrol edilemeyen yangınlar afete dönüşerek çevreye ve insanlara zarar verebilmektedir.

Bu tez çalışmasının sonucunda, boya fabrikasındaki yangın riskinin azaltılması için fabrika içerisinde risk azaltıcı değişikliklerin yapılması, fabrika içerisindeki makine-teçhizatların ve ısıtma sistemlerinin kullanımında personelin bilinçlendirilmesi ve yangın eğitiminin/tatbikatlarının düzenli bir şekilde organize edilip personelin bu konuda bilgi birikiminin artırılması gerektiğini tespit ettik. Ek olarak bu önleyici faaliyetlerin hayata geçmesi için uygulanması gereken adımları da fabrika yetkilileriyle paylaştık. Çalışanların ve fabrikanın risklerden etkilenmemesi için yangın güvenliği konusunda yapılan her türlü yatırım son derece önemlidir. Tüm işletmelerin yangın risk değerlendirmelerini yapması ve çıkan sonuçlara göre gerekli önlemleri almaları önerilmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] Ngenyi V., Gatebe E., Gitu L. (2021). Evulation of Fire Safety Compliance in Paint Industry in Nairobi County. Journal of Operations Management, 4, Kenya, s. 1 - 13.
- [2] İBB İtfaiye Daire Başkanlığı. Yangın ve Kazalarla Mücadele Eğitim Kitabı. İstanbul; 2007, s:7-90.
- [3] LinkedIn/Levent Özdi (2020). Yangın ve Evreleri. <https://www.linkedin.com/pulse/yangin-ve-evreleri-levent-%C3%B6zdi%CC%87/> adresinden 20 Ekim 2024 tarihinde alınmıştır.
- [4] Wikipedia. Fire. Orman yangınlarının nedenleri <https://en.wikipedia.org/wiki/Fire> adresinden 21 Ekim 2024 tarihinde alınmıştır.
- [5] Çomaklı, K. Yanma ve Yangın Bilgisi, Atatürk Üniversitesi Açık Öğretim Fakültesi Yayınları, Ünite 1.
- [6] Virahaber (2018). Çamaşır makinesi paslanması nasıl önlenir? Nasıl giderilir? <https://www.virahaber.com/camasir-makinesi-paslanmasi-nasil-onlenir-nasil-giderilir-50065h.htm> adresinden 21 Ekim 2024 tarihinde alınmıştır.
- [7] Demir Mangal Kömürü (2024). Mangal Kömürü Hakkında Bilinmeyenler. <https://demirmangalkomuru.com/detay/mangal-komuru-hakkinda-bilinmeyenler> adresinden 22 Ekim 2024 tarihinde alınmıştır.
- [8] İZAYDAŞ. Parlama Patlama ve Yangından Korunma Eğitimi. <https://inovasyon.eyportal.com/course/info.php?id=33> adresinden 23 Ekim 2024 tarihinde alınmıştır.
- [9] AYBÜ – İSG. Parlama, Patlama ve Yangından Korunma Eğitim Notları. Ankara; 2024, s:1-2.
- [10] Laf Sözlük. Detonasyon nedir ne demektir? <https://www.lafsozluk.com/2012/08/detonasyon-sok-dalgasi-nedir-ne-demektir.html> adresinden 24 Ekim 2024 tarihinde alınmıştır.
- [11] Kaya O. (2019) Yüksek Binalarda Yangın ve Yangın Güvenlik Önlemlerinin Modellenerek İncelenmesi [Yüksek Lisans Tezi]. Marmara Üniversitesi.
- [12] Zeynelgil A. (2024) Polivinil Klorür (PVC) Geri Dönüşüm Tesisinin Yangın Güvenliği ve Fine Kinney Analiz Metodu ile Yangın Riskinin Değerlendirilmesi [Yüksek Lisans Tezi]. Sakarya Üniversitesi.
- [13] National Fire Protection Association (2017). Guide for fire and explosion investigations (NFPA 921). Massachusetts: National Fire Protection Association).
- [14] Çukurovaısı (2021). Isı Transferi Nedir? <https://www.cukurovaisi.com/tr/isi-transferi-nedir/> adresinden 24 Ekim 2024 tarihinde alınmıştır.

- [15] Bilim Genç (2020). Güneş çok sıcakken uzay neden çok soğuktur? <https://bilimgenc.tubitak.gov.tr/makale/gunes-cok-sicakken-uzay-neden-cok-soguktur> adresinden 24 Ekim 2024 tarihinde alınmıştır.
- [16] Eokultv.com (2024). Enerji iletim yolları Enerji iletim hızı. <https://www.eokultv.com/enerji-iletim-yollari-ve-enerji-iletim-hizi/14150> adresinden 24 Ekim 2024 tarihinde alınmıştır.
- [17] Bilim Genç (2023). Isının Yayılma Yolları. <https://bilimgenc.tubitak.gov.tr/makale/isinin-yayilma-yollari> adresinden 24 Ekim 2024 tarihinde alınmıştır.
- [18] Zayıfakım (2024). Yangın çeşitleri ve sınıflandırılması. <https://zayifakim.com/yangin-cesitleri-ve-siniflandirilmasi.html> adresinden 25 Ekim 2024 tarihinde alınmıştır.
- [19] Çeyrek mühendis. Yangın sınıfları nelerdir? <https://www.ceyrekmuhendis.com/yangin-sondurucu-cesitleri/> adresinden 20 Ekim 2024 tarihinde alınmıştır.
- [20] Ankara BB İtfaiye Daire Başkanlığı. Yangın Güvenlik Önlemleri Eğitim Kitabı. Ankara; 2020, s:18-64.
- [21] A-tec. Geri Dönüşsüz Damper. <https://www.a-tec.com.tr/urunler/damperler/> adresinden 25 Ekim 2024 tarihinde alınmıştır.
- [22] Ersistem. Yangın Merdivenleri. <https://www.ersistem.com.tr/yangin-merdivenleri> adresinden 25 Ekim 2024 tarihinde alınmıştır.
- [23] Avk yangın. Yangın Kapıları. <http://avkyangin.com.tr/yangin-kapilari/#page-content> adresinden 25 Ekim 2024 tarihinde alınmıştır.
- [24] İnsapedia (2020). Acil durum aydınlatmaları ve işaretleri. <https://insapedia.com/acil-durum-aydinlatmalari-ve-isaretleri/> adresinden 25 Ekim 2024 tarihinde alınmıştır.
- [25] Seçkin Yangın. Acil durum levhaları. <https://seckinyangin.com/urun/algilama-sistemleri/acil-durum-levhaları> adresinden 26 Ekim 2024 tarihinde alınmıştır.
- [26] Özgün (2024). Yangın söndürme tüpleri. <http://ozgunyangin.com/yangin-sondurme-tupleri-3/> adresinden 25 Ekim 2024 tarihinde alınmıştır.
- [27] Essed (2024). Yangın alarm sistemleri. <https://www.essed.com.tr/yangin-alarm-sistemleri/> adresinden 20 Ekim 2024 tarihinde alınmıştır.
- [28] Tekstila Mühendislik (2024). Sprinkler tesisatları. <https://www.tekstila.com.tr/tr/yangin-tesisatları/sprinkler-tesisatları> adresinden 26 Ekim 2024 tarihinde alınmıştır.
- [29] Vikipedi (2024). Boya. <https://tr.wikipedia.org/wiki/Boya> adresinden 27 Ekim 2024 tarihinde alınmıştır.
- [30] Milli Eğitim Bakanlığı. Kimya Teknolojisi-Boya Solventleri Ders Kitabı. Ankara; 2014. s: 1-95.
- [31] Kimya eğitimi (2008). Boyalar. https://www.kimyaegitimi.org/sites/default/files/kontekst_uygulamaları/fen_ve_teknoloji_egitimi/boyalar.pdf adresinden 27 Ekim 2024 tarihinde alınmıştır.

- [32] Ankara Üniversitesi. Boyar maddelerin sınıflandırılması ders notları. Ankara. s:1-14.
- [33] Dokuz Eylül Üniversitesi. Boya Üretimi Ders Notları. Samsun; 2020. s:1-21.
- [34] Avcı G. (2023) Televizyon Stüdyolarında Yangın Güvenliği ve Özel Bir Stüdyonun Fine-Kinney Risk Analizi Metoduyla İncelenmesi [Yüksek Lisans Tezi]. Sakarya Üniversitesi.
- [35] Özkılıç, Ö. (2005). İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetim Sistemleri ve Risk Değerlendirme Metodolojileri (3. Baskı). TİSK Yayını, No: 246.
- [36] SafetyCulture (2024). HAZOP Nedir? <https://safetyculture.com/topics/hazop/> adresinden 28 Ekim 2024 tarihinde alınmıştır.
- [37] Wikipedia (2024). Risk matrisi. https://tr.wikipedia.org/wiki/Risk_matrisi#:~:text=Risk%20de%C4%9Ferlendirme%20matrisi%20y%C3%B6ntemleri%20L,tafa%C4%B1ndan%20uygulanabilecek%20basit%20bir%20y%C3%B6ntemdir. adresinden 29 Ekim 2024 tarihinde alınmıştır.
- [38] İsgendir.com (2017). Checklist Risk Analizi. <https://www.isgnedir.com/checklist-risk-analizi/#:~:text=Checklist%20y%C3%B6ntemi%2C%20kontrol%20listeleri%20arac%C4%B1l%C4%B1%C4%9F%C4%B1yla,analizi%20olarak%20tan%C4%B1mlamak%20daha%20do%C4%9F> adresinden 29 Ekim 2024 tarihinde alınmıştır.
- [39] Usanmaz, D., Köse, E. 2020. Kimyasal Araştırma Laboratuvarı Risk Değerlendirmesi İçin İki Farklı Metodun İstatistiksel Analizi. International Journal of Engineering Research & Development (IJERAD), 12(2), 337–348. <https://doi.org/10.29137/umagd.606402>
- [40] Kılıç, H.H. (2018). Geri Dönüşüm İşletmelerinde İş Sağlığı ve Güvenliği [Yüksek Lisans Tezi]. Cumhuriyet Üniversitesi
- [41] Fine, W.T. & Kinney (1971). Mathematical Evaluation For Controlling Hazards, Journal Of Safety Research, 3(4) W.D., 157-166.
- [42] Kinney, G.F., Wiruth, A.D. (1976). Practical Risk Analysis For Safety Management, NWC Technical Publication 5865, Naval Weapons Center, China Lake CA, USA, 25 S.



ÖZGEÇMİŞ

Ad-Soyad : Fatih GÜLLE

ÖĞRENİM DURUMU:

- Lisans** : 2021, Anadolu Üniversite, İktisat Fakültesi, Maliye
- Yükseklisans** : 2025, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yangın ve Yangın Güvenliği (Tezli)

TEZDEN TÜRETİLEN ESERLER:

- Dündar M.Ş., Gülle F. 2024. Fine Kinney Risk Analiz Metodu Kullanılarak Boya Üretim Fabrikasının Yangın Risk Değerlendirmesi. 15. Uluslararası Bilimsel Çalışmalar Kongresi.