

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**BÜYÜK TEKSTİL MAĞAZALARINDA YANGIN
TAHLİYESİ AÇISINDAN ÜRÜN YERLEŞTİRME EN
İYİLEMESİ VE YANGINA KARŞI KORUMA**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Cemil SAĞLAM

Enstitü Anabilim Dalı : YANGIN VE YANGIN GÜVENLİĞİ
Tez Danışmanı : Doç. Dr. Gökhan COŞKUN

Temmuz 2021

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**BÜYÜK TEKSTİL MAĞAZALARINDA YANGIN
TAHLİYESİ AÇISINDAN ÜRÜN YERLEŞTİRME EN
İYİLEMESİ VE YANGINA KARŞI KORUMA**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Cemil SAĞLAM

**Enstitü Anabilim Dalı : YANGIN VE YANGIN
GÜVENLİĞİ**

**Bu tez 29.07.2021 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği / oyçokluğu ile
kabul edilmiştir.**

Jüri Başkanı

Üye

Üye

BEYAN

Tez içindeki tüm verilerin akademik kurallar çerçevesinde tarafımdan elde edildiğini, görsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uygun şekilde sunulduğunu, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, tezde yer alan verilerin bu üniversite veya başka bir üniversitede herhangi bir tez çalışmasında kullanılmadığını beyan ederim.

Cemil SAĞLAM

14.06.2020

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitiminin boyunca değerli bilgi ve deneyimlerinden yararlandığım, her konuda bilgi ve desteğini almaktan çekinmediğim, araştırmanın planlanmasından yazılmasına kadar tüm aşamalarında yardımlarını esirgemeyen, teşvik eden, aynı titizlikte beni yönlendiren değerli danışman hocam Doç.Dr. Gökhan COŞKUN'a teşekkürlerimi sunarım.

DeFacto Perakende Ticaret A.Ő. olanakları konusunda anlayış ve yardımlarını esirgemeyen yöneticilerime teşekkür ederim.

Ayrıca bu çalışmanın maddi açıdan desteklenmesine olanak sağlayan Sakarya Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) Komisyon Başkanlığına (Proje No: 2018-2-7-247) teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	i
İÇİNDEKİLER	ii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ	v
ŞEKİLLER LİSTESİ	vii
TABLolar LİSTESİ.....	x
ÖZET.....	xi
SUMMARY	xii

BÖLÜM 1.

GİRİŞ	1
-------------	---

BÖLÜM 2.

KAYNAK ARAŞTIRMASI	5
2.1. Yanma ve Yangın İle İlgili Genel Bilgiler	10
2.1.1. Yangının tanımı	10
2.1.2. Yangın üçgeni.....	10
2.1.2.1. Yakıt.....	11
2.1.2.2. Oksijen	12
2.1.2.3. Sıcaklık.....	12
2.1.3. Yangın dörtyüzlüsü	13
2.1.4. Yangının aşamaları.....	15
2.1.4.1. Başlangıç safhası.....	15
2.1.4.2. Serbest yanma aşaması.....	15
2.1.4.3. Yanma aşaması.....	16
2.2. Flashover.....	16
2.3. Tekstil Malzemelerinin Yanması ve Isıl Bozulması.....	18

2.4. Perakende Tekstil Mağazalarında Malzemelerin Karakteristik Özellikleri	20
2.5. Ticari Amaçlı Yapılarda (Perakende Sektöründe) Tahliye Güvenliği ...	22

BÖLÜM 3.

MATERYAL VE YÖNTEM	24
3.1. Materyal	24
3.2. Yöntem	24
3.2.1. Hesaplama yöntemleri	24
3.2.1.1. Kanaldan kütle akışı hesabı	24
3.2.1.2. Isı yayılım oranı	26
3.2.1.3. Karbonmonoksit salınım hızı	26
3.2.1.4. Kullanılan araç- gereçler	26
3.2.1.5. Deneysel çalışma için gereken test odası ve ölçüm aletleri	27
3.2.1.6. Karbondioksit sensörü	28
3.2.1.7. Verilerin alınması için tasarlanan kart	29
3.2.1.8. Baca dumanı emiş ve şartlandırma düzeneği	29
3.2.1.9. Thermokupllar	31
3.2.1.10. Fark basınç ölçer	32
3.3. Dizel Yakıt İle Yangın Deneyi	33
3.4. Deneyler	35
3.4.1. A1 tek sıra askılık deneyi 27.07.2019	36
3.4.2. B1 düz sıra ve dairesel dizilimli yangın atlaması deneyi 28.07.2019	37
3.4.3. B2 düz sıra ve dairesel dizilimli yangın atlaması deneyi 03.09.2019	38
3.4.4. A2 tek sıra askılık deneyi 20.07.2019	40

BÖLÜM 4.

ARAŞTIRMA BULGULARI	42
4.1. A1 Tek Sıra Askılık Deneyi 27.07.2019	42
4.2. B1 Düz Sıra ve Dairesel Dizilimli Yangın Atlaması Deneyi 28.07.2019	48

4.3. B2 Düz Sıra ve Dairesel Dizilim Yangın Atlaması Deneyi	
03.09.2019	55
4.4. A2 Tek Sıra Askılık Deneyi 20.07.2019	61
BÖLÜM 5.	
TARTIŞMA VE SONUÇ	73
KAYNAKLAR	85
ÖZGEÇMİŞ	88

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

A	: Probun bulunduğu yerdeki kanalın kesit alanı (m^2 olarak)
C	: Orifis plakası katsayısı ($kg^{1/2} \times m^{1/2} \times K^{1/2}$)
D	: Kanal çapı (m)
E	: Tüketilen O_2 birim kütlesi başına salınan net ısı (13.1 MJ/kg)
E_{CO}	: CO için tüketilen O_2 birim kütlesi başına salınan net ısı (17.6 MJ/kg)
$f(Re)$: Reynolds sayı düzeltmesi
I_0	: İnsan gözüyle aynı spektral duyarlılığa sahip olan ve fotodetektöre ulaşan bir dedektör ile, dumansız bir ortamda ölçülen, paralel ışık ışınlarının ışını için ışık yoğunluğu
I	: Bir miktar dumanlı ortamdan geçen ve fotodetektöre (cd) ulaşan paralel bir ışık huzmesi için ışık yoğunluğu
k	: Sönme katsayısı (1/m)
k_C	: Hız profili şekil faktörü (boyutsuz)
\dot{m}_e	: Egzoz kanalında kütle akışı (kg/s)
\dot{m}_{CO}	: Karbonmonoksit salınım hızı (kg/s)
M_a	: Gelen havanın moleküler kütlesi (29 kg/kmol)
M_{CO}	: Karbonmonoksit moleküler kütlesi (28 kg/kmol)
M_{O_2}	: Oksijen moleküler kütlesi (32 kg/kmol)
Δp	: Çift yönlü prob (Pa) boyunca ölçülen fark basıncı
\dot{q}	: Isı yayılma oranı (kW)
\dot{s}	: Duman çıkma oranı (m^2/s)
T_e	: İki yönlü probdaki gaz sıcaklığı (K)
T_s	: Duman ölçerdeki gaz sıcaklığı (K)
\dot{V}_s	: Duman ölçerdeki hacimsel akış (m^3/s)
X_{CO}^A	: CO'nun egzoz akışında ölçülen mol oranı
$X_{CO_2}^A$: Egzoz akışında CO_2 'nin ölçülen mol oranı

$X_{CO_2}^A$: Gelen havada ölçülen CO ₂ 'nin mol katsayısı
$X_{O_2}^A$: Egzoz akışında O ₂ 'nin ölçülen mol oranı
$X_{O_2}^{\circ}$: Gelen havada O ₂ 'nin ölçülen mol oranı
α	: Yanma genişleme faktörü (normalde 1.084 değeri)
HRR	: Isı Yayılım Oranı
CFD	: Hesaplamalı Akışkanlar Mekaniği
BYKHY	: Binaların yangından korunması hakkında yönetmelik

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1. Rusya'daki Zimnyaya Vişnya AVM yangını görüntüleri	5
Şekil 2.2. Doha Villaggio AVM yangını görüntüleri	6
Şekil 2.3. Ryder alışveriş merkezi yangını görüntüsü	6
Şekil 2.4. Huidong ilçesinde dört katlı kapalı çarşı	7
Şekil 2.5. Çorulu Orion AVM yangını görüntüleri	7
Şekil 2.6. N City avm yangını görüntüleri	8
Şekil 2.7. Darıca Park AVM yangını görüntüleri	8
Şekil 2.8. Düzce şehir merkezi tekstil mağazası yangını görüntüleri	9
Şekil 2.9. Akmerkez avm yangını görüntüleri	9
Şekil 2.10. 212 İstanbul Power Outlet AVM yangını görüntüleri	10
Şekil 2.11. Yangın üçgeni	11
Şekil 2.12. Yangın dörtyüzlüsü	14
Şekil 2.13. Yangın evreleri	17
Şekil 2.14. Oda yangını dikeyde sıcaklık değişimi	18
Şekil 2.15. Tekstil liflerinin yanma modeli	19
Şekil 2.16. Koridor uygulama örnekleri.....	23
Şekil 3.1. Yangın odası inşasının yapıldığı alan	27
Şekil 3.2. Yangın odasının davlumbaz montaj aşamaları ve davlumbaz montajlı son hali.....	27
Şekil 3.3. Ölçüm cihazlarının bacaya yerleşim düzeni	28
Şekil 3.4. Karbon dioksit (CO ₂) sensörü.....	28
Şekil 3.5. Tasarlanan arduino okuyucu sitem	29
Şekil 3.6. Baca dumanı emiş ve şartlandırma düzeneği.....	30
Şekil 3.7. CO ₂ ve CO sensörlerinin yerleştirildiği sızdırmaz kutu.....	30
Şekil 3.8. Oda tavanına yerleştirilen thermokupullar.....	31
Şekil 3.9. Thermokupullar ve oda tavanındaki yerleşim düzenleri.....	31
Şekil 3.10. İki yönlü prob.....	32

Şekil 3.11. Testo 510i fark basınç ölçer	33
Şekil 3.12. Sensörlerin odaya montajı.....	33
Şekil 3.13. Dizel yakıt ile deneme	34
Şekil 3.14. Dizel yakıt deneme sıcaklık değerleri.....	34
Şekil 3.15. Dizel yakıt deneme karbondioksit konsantrasyonu	34
Şekil 3.16. Dizel yakıt deneme karbonmonoksit konsantrasyonu	35
Şekil 3.17. Ürün Askı Düzeni	37
Şekil 3.18. Ürün askı ölçüleri.....	38
Şekil 3.19. B1 Düz sıra ve dairesel dizilimi yangın atlaması deneyi ürün askı düzeni	38
Şekil 3.20. B2 Düz sıra ve dairesel dizilimi yangın atlaması deneyi ürün askı düzeni	39
Şekil 3.21. Ürün Askı Ölçüleri.....	40
Şekil 3.22. Ürün askı düzeni	41
Şekil 4.1. Deney A1 sıcaklık değerleri.....	42
Şekil 4.2. Deney A1 HRR Isı yayılım oranı	43
Şekil 4.3. Deney A1 karbonmonoksit konsantrasyonu	43
Şekil 4.4. Deney A1 karbondioksit konsantrasyonu	44
Şekil 4.5. Deney A1 ölçülen oksijen konsantrasyonu.....	44
Şekil 4.6. Deney A1'in ilerlemesini gösteren fotoğraflar	45
Şekil 4.7. Deney B1 sıcaklık değerleri.....	48
Şekil 4.8. Deney B1 HRR Isı yayılım oranı.....	49
Şekil 4.9. Deney B1 karbonmonoksit konsantrasyonu	49
Şekil 4.10. Deney B1 karbondioksit konsantrasyonu	50
Şekil 4.11. Deney B1 hesaplanan oksijen konsantrasyonu	50
Şekil 4.12. Deney B1'in ilerlemesini gösteren fotoğraflar	52
Şekil 4.13. Deney B2 sıcaklık değerleri.....	55
Şekil 4.14. Deney B2 karbonmonoksit konsantrasyonu	56
Şekil 4.15. Deney B2'nin ilerlemesini gösteren fotoğraflar	57
Şekil 4.16. Deney A2 sıcaklık değerleri.....	62
Şekil 4.17. Deney A2 karbonmonoksit konsantrasyonu	62
Şekil 4.18. Deney A2'nin ilerlemesini gösteren fotoğraflar	63
Şekil 5.1. Yangının yayılımı gösterim şeması	75
Şekil 5.2. Karbondioksit Konsantrasyonu.....	77

Şekil 5.3. Karbonmonoksit konsantrasyonu.....	78
Şekil 5.4. Oksijen konsantrasyonu	78
Şekil 5.5. Literatür ısı yayılım oranı karşılaştırması (kW).....	79
Şekil 5.6. Kümülatif ısı yayılım oranı	80
Şekil 5.7 T1 Sıcaklık verileri karşılaştırılması.....	80
Şekil 5.8 T2 Sıcaklık verileri karşılaştırılması.....	81
Şekil 5.9 T3 Sıcaklık verileri karşılaştırılması.....	81
Şekil 5.10 T4 Sıcaklık verileri karşılaştırılması.....	82
Şekil 5.11 T5 Sıcaklık verileri karşılaştırılması.....	82
Şekil 5.12 T6 Sıcaklık verileri karşılaştırılması.....	83

TABLolar LİSTESİ

Tablo 1.1. Yanan katı malzemelerinin cinsine göre açışa çıkan gazlar ve tehlike sınırı.....	2
Tablo 2.1. ABD'de 2018 yılı konut dışı yangınların nedenleri	13
Tablo 2.2. Tekstil liflerinin termal özellikleri	21
Tablo 2.3. BYKHY'ye göre kaçış uzaklıkları.....	23
Tablo 2.4. NFPA 101'e göre kaçış uzaklıkları.....	23
Tablo 3.1. Karbon Dioksit (CO2) Sensörü Özellikleri	29
Tablo 3.2. Testo 510i teknik özellikleri	32
Tablo 3.3. Deney tanımlamaları.....	36
Tablo 5.1. HRR, gaz konsantrasyonları ve sıcaklık verileri	74
Tablo 5.2 Sıçrama süreleri	74
Tablo 5.3. Alev yayılımı örnek uygulama	75

ÖZET

Anahtar Kelimeler: Tekstil mağaza yangınları, ısı yayılım oranı, yangın gelişimi, alev yayılımı, alev sıçraması

Alışveriş merkezlerinde ve caddelerde bulunan perakende tekstil mağazalarından yüksek miktarlarda yanıcı içerik bulunmaktadır. Yangın olayları arttıkça, genel olarak insanlar yangın riskinden oldukça endişe duymaktadırlar. Bir yangın riskini değerlendirmek için, olası ısı yayılım oranları deneysel olarak çalışılmalıdır.

Bu tezde, Türkiye ve farklı ülkelerde 500 mağazada faaliyet gösteren perakende tekstil firmasından alınan ürünler kullanılmıştır. Bu ürünler, sonbahar kış, bahar ve yaz ayları için üretilen, farklı kullanım ve farklı yaş gruplarının (bebek, genç, çocuk, yetişkin) kullanımına sunulmak üzere hazırlanan ürün guruplarıdır. Ürünler deneylerde rast gele örnekleme ile kullanılmıştır. Testler için dört farklı dizilimde ve farklı ağırlıklarda ürün gurupları hazırlandı.

Bu testler için kullanılan test düzeneği, ASTM E2257 – 17 ve ISO 9705-1 standartlarına uygun bir yangın odasıdır. Bu test düzeneği, tam ölçekli yangın değerlendirmeleri için ön çalışmaların yapılabileceği ve ısı yayılım oranlarının ölçülebileceği bir tesistir. Yangının gelişimi ile ilgili bilgi alabilmek için test odası tavanına ve bacaya termokupullar yerleştirilmiştir. Bacadan karbonmoksit ve karbondioksit ölçümleri de yapılmıştır. Ayrıca kapı açıklığına test sırasında ortamdan video kaydı yapılacak şekilde kameralar yerleştirilmiştir.

Testlerde ürün guruplarının yakılmasıyla açığa çıkan ısı yayılım oranları, alevin ürün üniteleri arasında sıçrama süreleri, yangının gelişimi ve alev yayılımı incelenmiştir. Isı yayılım oranı, oksijen konsantrasyonu, mesafeye bağlı olarak alev sıçrama süreleri ve sıcaklık hakkında deneysel veriler sunulmaktadır.

OPTIMIZATION OF PRODUCT PLACEMENT AND FIRE PROTECTION IN TERMS OF FIRE EVACUATION IN LARGE TEXTILE STORES

SUMMARY

Keywords: Textile store fires, heat release rate, fire development, flame propagation, flame spatter

High amounts of flammable content are found in retail textile stores located in shopping malls and on various streets. As fire incidents increase, people are pretty concerned about the risk of fire. To assess a fire risk, possible heat release rates should be studied experimentally.

In this thesis, the products supplied from a retail textile company having 500 stores operating in Turkey was used. These products which are produced for autumn, winter, spring and summer and prepared for different uses and for the use of different age groups (baby, young, child, adult) were used with random sampling in the experiments.

The test setup used for these tests is a fire chamber in accordance with ASTM E2257–17 and ISO 9705-1 standards. This test setup is a facility where preliminary studies can be made for full-scale fire assessments and heat release rates can be measured. Thermocouples were placed on the ceiling of the test room and the chimney to obtain information about the development of the fire. Carbon monoxide and carbon dioxide measurements were also made from the chimney. In addition, cameras were placed in the doorway to record video from the experimental environment during the test.

In the tests, the rate of heat released by the burning of the product groups, the leap times of the flame between the product units, the development of the fire, the spread of the flame were examined. Experimental data on the heat release rate, oxygen concentration, flame rebound times depending on distance and temperature are presented.

BÖLÜM 1. GİRİŞ

Yangın, perakende sektöründe can ve mal kaybı ile büyük yıkım ve tahribata neden olmaktadır. Yangın güvenliği sistemleri can ve mal güvenliğini korumak amacı ile tesis edilmektedir. Burada tahliye, can güvenliği açısından çok önemlidir.

Kolay tahliye için, yapı ve yangın güvenliği sistemleri tesis edilmesi gerektiği gibi, ayrıca çalışır ve aslına uygun olarak korunması gerekir. Yapı ve sistemlerin mevzuatta ve risk değerlendirmelerinde belirlenen kurallara uygun olmasının yanında, yapının kullanımı sırasında oluşturulan yerleşim, kullanılan malzemeler, stok miktarları, ürün türü vb. gibi konular önem kazanmaktadır. Ayrıca, insan faktörü de tahliyede etkilidir. Yaş gurubu, engellilik durumu, eğitim durumu gibi unsurlarda dikkate alınmalıdır.

Depolama, lojistik maliyetleri, ürün devir hızları yüksek olması nedeni ile perakende tekstil sektöründe reyonda ve cep depolarda yüklü miktarlarda ürün stoklanmaktadır. Mağazalarda kullanılan dekorasyon ürünleri, askılar, alarmlar, fiyat etiketleri, kalıcı yapısal ürünler en az zor alevlenici ürünler olması gerekir. Yapısal kalıcı ürünlerin en az zor alevlenici olması yasal zorunluluk olmakla birlikte diğer belirtilen malzemeler için herhangi bir düzenleme yoktur. Kullanılan ahşap, kâğıt ve pamuk yanması ile açığa çıkan zehirli gazlar ve yangına katkısı nedeni ile tahliye güvenliğini tehlikeye atacaktır (Tablo 1.1.).

Yangın güvenliğinde performans temelli tasarım, yapı ve faaliyetlerde yangın güvenliği çözümü üretmek için en gerçekçi yöntemdir. Ancak performans temelli tasarımda bazı belirsizlikler mevcuttur. Performans temelli tasarım, yapının fiziki durumuna, kullanılan malzemelere ve kullanılan malzemelerin depolanmasına bağlı olduğu için yapı malzemelerini ve diğer yanıcıları anlamadan doğru sonuç elde edilemez. Yanıcıların anlaşılmasında, yanma sırasında ortaya çıkacak ısı yayılım oranı, yanma sıcaklığı, CO, CO₂ ve O₂ emisyon değerleri bilinmelidir. Yanıcıların

yanma özelliklerinin detaylı olarak değerlendirilmesine olanak sağlayan bu değerler aynı zamanda performans temelli tasarım yapılabilen yangın simülasyonu yazılımları için girdi parametreleri olarak da kullanılabilir. Simülasyonlar için gerekli bu veriler literatürde oldukça kısıtlı olduğundan doğru verileri bulmak oldukça zordur. Bu veriler için veri tabanı oluşturulmalı ve sürekli olarak güncel ürünlerin testleri yapılarak veri tabanı güncel tutulmalıdır.

Tablo 1.1. Yanan katı malzemelerinin cinsine göre açığa çıkan gazlar ve tehlike sınırı [1].

Yanan Malzeme	Açığa Çıkan Gaz	Tehlike sınırı (ppm)	Tehlike sınırı (mg/m ³)	Açıklama
Ahşap, Kâğıt ve Pamuk	Karbonmonoksit (CO)	50	55	Yüksek derecede zehirli.
	Formaldehit (CH ₂ O)	2	3	Son derece zehirli
	Formik Asit (HCOOH)	5	20	
	Metilalkol (CH ₃ OH)	20	260	
	Asetik asit (CH ₃ COOH)	10	25	
Plastik	Karbonmonoksit (CO)	50	55	Yüksek derecede zehirli.
	Hidroklorik asit (HCl)	5	7	Son derece zehirli.
	Hidrojeniyanür (HCN)	2.1	7	
	Azotoksitler (N ₂ O veya NO ₂)	5	9	Son derece zehirli.
Kauçuk	Karbonmonoksit (CO)	50	55	Yüksek derecede zehirli.
	Kükürtdioksit (SO ₂)	5	13	Son derece zehirli.
	Kükürtlü Hidrojen (H ₂ S)	10	15	Son derece zehirli.
	Amonyak (NH ₃)	25	18	
İpek	Hidrojen siyanür HCN)	2.1	7	Son derece zehirli. Karbonmonoksitten 35 kat daha zehirlidir.
	Karbonmonoksit CO)	50	55	Yüksek derecede zehirli.
Yün	Kükürtlü hidrojen H ₂ S)	10	15	Son derece zehirli.
	Kükürtdioksit	5	13	Son derece zehirli
	Hidrojeniyanür HCN	2.1	7	Son derece zehirli.

Bu kapsamda yangın konusunda standart uygulamalar kullanılarak çeşitli yangın testleri yapılmakta ve detaylı veriler elde edilmektedir. Bina yangınlarında birçok yanıcı malzeme olduğundan her bir malzeme ve ürün için yangın verilerine ulaşmak neredeyse mümkün olmamaktadır. Yapılacak tez çalışması kapsamında tekstil mağazalarındaki yangınlar için yanıcı malzemeler olan kıyafetler, ayakkabılar, reyonlar, cansız mankenler gibi birçok ürünün yanma verisinin elde edilmesi oldukça önemlidir. Literatürde oldukça kısıtlı bir malzeme skalası ile yapılmış çalışmalar mevcuttur. Chow vd. (2007) alışveriş merkezlerindeki küçük kıyafet mağazalarında ortaya çıkabilecek elbise yangınlarının deneylerini yapmıştır. Ölçüleri 3,6 m, 2,4 m ve

2,4 m olan standart bir yangın odasında yaptıkları yangın deneylerinde dikey olarak dizilmiş gömlek, ceket, t-shirt gibi üst giyim ürünlerini kontrollü bir şekilde yakmışlardır. Oda içerisinde bulunan 24 adet noktadan aldıkları sıcaklık verilerinin yanında davlumbaz çıkışından aldıkları CO, CO₂ ve O₂ verileriyle HRR verisi elde etmiştir. Ayrıca kapıda bulunan ısı akısı verilerini elde etmişlerdir. Diğer deneyde, iki adet dikey CD ekranı, butik ve CD dükkanları için de benzer testler yapılmıştır. Gerçek durumda, mağazalarda çok daha büyük miktarlarda ürün bulunan birçok farklı tip ürün dizilimi vardır. Bir mağazada bulunan giyim sadece tişörtler değildir. Elbise, pantolon, kot pantolon ve eşarp gibi diğer ürünler de sergilenmektedir. Flashover koşulu altında çok büyük miktardaki yanıcı maddelerin yakılması çok yüksek ısı yayılım oranı verir. Chow vd. tarafından yapılan deneylerde ölçülen ısı yayılım oranı değerlerinden birkaç kat daha fazla olabilir. Tüm yanıcıları değerlendirmek için başka deneyler yapılmalıdır. Yine Chow vd. (2007) tarafından kontrollü yanma odasında bir ofis kurulumu yapılarak yangın deneyinde HRR ve O₂ ölçümleri yapılmıştır [2].

Zalok ve Hadjisophocleous (2007) giyim mağazası yangın yüklerini, yanıcıların tipini ve yanıcı maddelerin türünü temsil edecek bilgileri belirlemek için deneysel çalışma yapmışlardır. Elbiselerin koyulduğu dolap ve askılık tiplerine göre yangın yükünün zamana bağlı olarak nasıl değiştiğini incelemişlerdir. Standart yangın odasının kullanıldığı deneylerde oda içerisinde bulunan 24 adet noktadan aldıkları sıcaklık verilerinin yanında davlumbaz çıkışından aldıkları CO, CO₂ ve O₂ verileriyle HRR verisi elde etmiştir. Ayrıca kapıda bulunan ısı akısı verilerini elde etmişlerdir. Araştırmalarında hedef alanda farklı tipteki yanıcı maddelerin kütlesi ve bunların etkin kalorifik değerlerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bir bölmedeki bir maddenin kütlesi, tartılarak (tartım tekniği) veya hacmini ve yoğunluğunu (envanter tekniği) belirlemişlerdir [3].

Duck Hee Lee., vd. (2004) şehirler arası tren vagonunun tam ölçekli yangın testinde sıralı koltuklar arası mesafe ve koridor mesafesinde zamana bağlı alevin sıçraması, sıçrama sonrası karşı taraftaki koltuğun alev alma sürelerini incelemiştir [4]. Literatürden anlaşılacağı gibi yapılan yangın odası deneylerinde mağaza yangınları için alevin sıçrama süreleri değerlendirme çalışması olmamıştır.

Bu tez çalışmasında, dünyada ve Türkiye’de yaşanmış can ve mal kayıplı yangın örnekleri sunulmuştur. Flashover, tekstil malzemelerinin karakteristik özellikleri, yanması, ısıl bozunması, yanma ve yangın ile ilgili bilgilere yer verilmiştir. Ayrıca mevzuat ve standartlar doğrultusunda perakende sektöründe yerleşim uygulamaları incelenmiştir.

Sonraki bölümde amaca matuf temin edilmiş tekstil ürünleri, hesaplama yöntemleri, test yöntemi ve inşa edilen test düzeneği tanımlanmıştır. Test düzeneğinde deneme deneyi yapılmış ve deneylerde kullanılacak yanıcı miktarına ve dizilimlerine yer verilmiştir.

Bir sonraki bölümde testlerde, yangın büyümesinin boyutu, kapıdan alev çıkış süresi, flashover oluşma zamanı, ürün üniteleri arasında alev sıçramasının süreleri gözlemlenerek kayıt altına alınmıştır. Tavanda beş noktadan gaz sıcaklığı, egzoz kanalında gaz sıcaklığı, egzoz kanalında karbon monoksit miktarı ve karbondioksit miktarı verileri zamana bağlı olarak alınan veriler verilmiştir. Alınan veriler ile hesaplanan ısı yayılma oranı, kümülatif ısı yayılım oranı ve oksijen miktarları verilmiştir. Ayrıca yangın anında alınan kamera görüntüleri ile tekstil ürünlerinin yanması ve reyonlardan alevin sıçrama süreci kayıt altına alınmış ve görüntü değerlendirmeleri yapılmıştır. Son bölümde elde edilen veriler sorgulanmış, literatürde elde edilmiş veriler ile karşılaştırılmış ve öneriler sunulmuştur.

Testlerde elde edilen bu veriler ile perakende tekstil sektöründeki kuruluşların kendi imkanları ile performansa dayalı ve düşük maliyetli değerlendirme yapabilmeleri ve yerleşimin tahliye etkisini dikkate alarak eksiklerinin giderilmesine katkı sağlanması hedeflenmiştir.

BÖLÜM 2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Alışveriş merkezlerinde metrekare fiyatlarının ve lojistik maliyetlerinin yüksek olması nedeni ile alışveriş merkezlerinde ürün yoğunluğu fazla tutulmaktadır. Ürün yoğunluğunun fazla olması olası yangınlarda mal ve can güvenliği riskini artmaktadır. Son 15 yılda AVM inşaatları yaygın bir şekilde hayatımızın içinde girdi. Rusya’da bulunan bir alışveriş merkezinde çıkan yangında 64 kişinin hayatını kaybetmesi ile yangınlar dünyada birincil endişe kaynağı olarak tekrar gündeme geldi.

Ülkemizde ve dünyada birçok yangın yaşanıyor. Çorlu Orion AVM, NCity AVM, Darıca Park AVM, Doha Villaggio AVM, Çin Tianjin'deki bir AVM, Adana Çetinkaya AVM, Olimpa AVM, Nişantaşı City’s AVM, Capitol AVM ve 212 İstanbul Power Outlet AVM yangını büyük çaplı yangınlardan bazılarıdır.



Şekil 2.1. Rusya’daki Zimnyaya Vişnya AVM yangını görüntüleri [5-8].

25 Mart 2018 tarihinde Rusyadaki Zimnyaya Vişnya alışveriş merkezinde meydana gelen yangında 41’i çocuk 64 kişi yanarak yaşamını yitirdi. Olayda bin beş yüz kişi kurtarıldı. 10 yaşında bir erkek ve 13 yaşında bir kız çocuğunda yüzde yirmi beş oranında yanıklar meydana geldi. 5 ile 13 yaşındaki toplam 8 çocuk yaralandı. Yangına müdahalede 660 itfaiye ve kurtarma ekibi görev yaptı. On yedi saatlik bir çalışma sonrası yangın söndürüldü [5-8].

2012 yılında Katar'ın başkenti Doha'nın en büyük alışveriş merkezinde çocuk yuvasının yakınında yangın çıktı. 13'ü çocuk 19 kişi hayatını kaybetti [9-10].



Şekil 2.2. Doha Villaggio AVM yangını görüntüleri [9, 10].

30 Haziran 2012 yılında Çin'in kuzeyinde bulunan kıyı kenti Tianjin'de Ryder alışveriş merkezinde çıkan yangında 10 kişi ölürken 16 kişi de yaralandı. Yangın sonrasında kenti kara bulutlar kapladı. 7 saat boyunca can pazarının yaşanmasına neden olan yangın onlarca itfaiye ekibinin müdahalesi ile söndürüldü [11, 12].



Şekil 2.3. Ryder alışveriş merkezi yangını görüntüsü [11, 12]

Şubat 2015 yılında Çin'in Guangdong eyaletinin güneyindeki Huidong ilçesinde dört katlı kapalı çarşı, sinema ve restoranların bulunduğu alışveriş merkezinin en üst katında çıkan yangında 17 kişi hayatını kaybetti. Söndürme ve kurtarma faaliyetleri 18 saat sürdü. 270 itfaiyeci ve 45 itfaiye aracı ile müdahale yapıldı [13].



Şekil 2.4. Huidong ilçesinde dört katlı kapalı çarşı [13]

Çorlu Orion AVM yangınında büyük çaplı hasar oluştu. 30 itfaiye aracı 100'ü aşkın itfaiye personelinin müdahalesi ile 3 saatten fazla süren çalışmalarla kontrol altına alınan yangında, mağazalar içerisinde bulunan giyim eşyaları, ev eşyaları ve kitapların küle döndüğü görüldü [14].



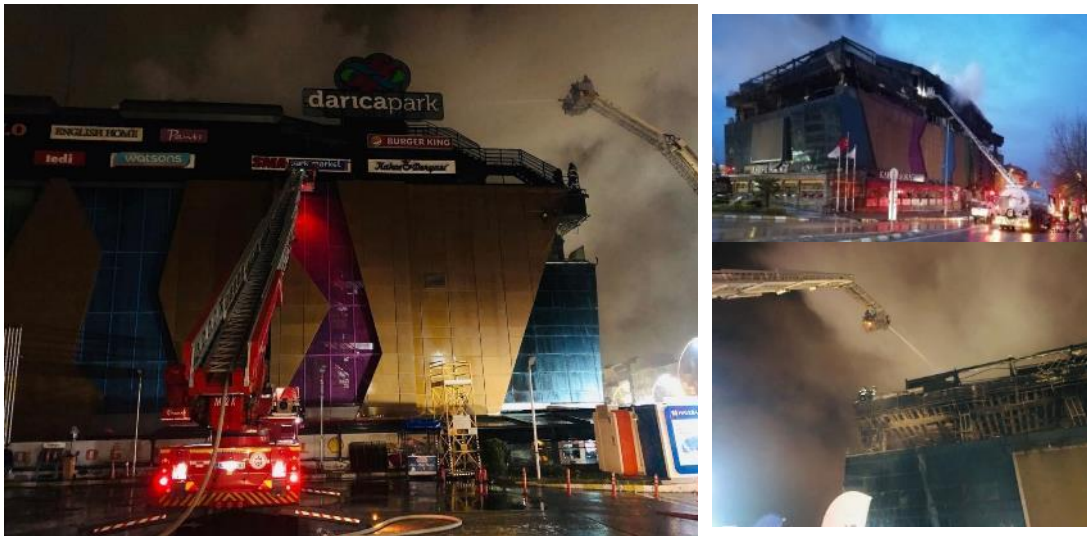
Şekil 2.5. Çorlu Orion AVM yangını görüntüleri [14]

2012 yılında N City Yangında alışveriş merkezinde bulunan yaklaşık 90 iş yerinde büyük çapta maddi hasar oluştu [15].



Şekil 2.6. N City avm yangını görüntüleri [15]

2020 yılı ocak ayında Darıca Park AVM 'de çıkan yangın ciddi hasara neden oldu. İtfaiye ekipleri yangını 4 saat süren müdahalenin ardından kontrol altına aldı. Yangında çok sayıda mağaza kullanılamaz hale geldi. Bir itfaiye eri yaralandı [16].



Şekil 2.7. Darıca Park AVM yangını görüntüleri [16]

2010 yılında Düzce şehir merkezi İstanbul Caddesi'nde bulunan bir mağazanın klimasında yangın çıktı. Yangın sonucu mağazada bulunan mallar kısmen zarar görürken, yangına neden olan klimanın daha önce de aynı şekilde arıza yaptığı öğrenildi [17].



Şekil 2.8. Düzce şehir merkezi tekstil mağazası yangını görüntüleri [17]

Mayıs 2020 yılında Beşiktaş Etiler'de bulunan Akmerkez alışveriş merkezinde bir giyim mağazasında yangın çıktı. Çıkan yangında maddi hasar meydana geldi. Yangın yaklaşık 45 dakika süren çalışmanın ardından kontrol altına alındı. Yangının çıktığı mağazada ise maddi hasar meydana geldi [18].



Şekil 2.9. Akmerkez avm yangını görüntüleri [18]

Nisan 2017 yılında 212 İstanbul Power Outlet AVM'de yangın çıktı. AVM açılış öncesi olduğundan müşteri bulunmuyordu. AVM'deki işyeri çalışanları tahliye edildi [19].



Şekil 2.10. 212 İstanbul Power Outlet AVM yangını görüntüleri [19]

2.1. Yanma ve Yangın ile İlgili Genel Bilgiler

Yanmanın bilinmesi başarılı tahliye ve yangına karşı geliştirilecek yangın güvenliği yöntemleri için önemlidir [20].

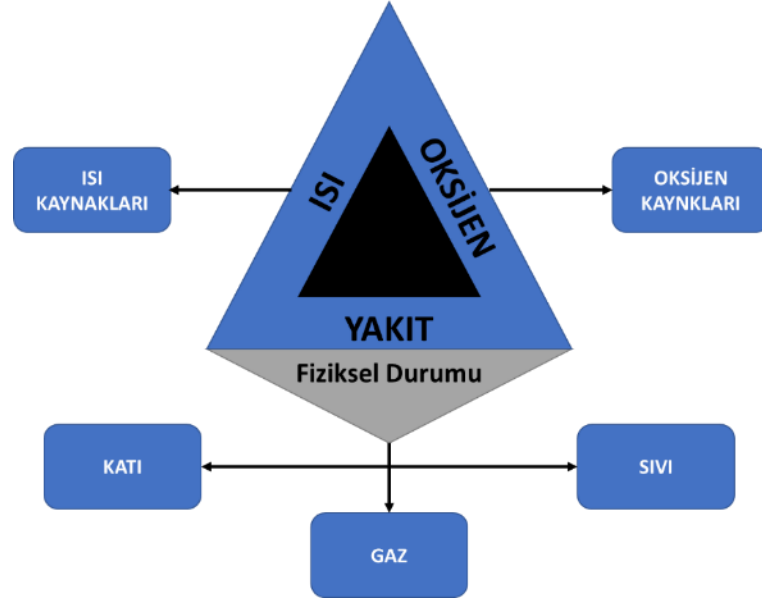
2.1.1. Yangının tanımı

Yangın kimyasal bir reaksiyondur. Yangını etkileyebilecek birden fazla değişken vardır. Etkin yangın güvenliği ve geliştirilecek önleme uygulamaları yangını etkileyebilecek değişkenleri kontrol eder. Bu nedenle değişkenleri değerlendirmek gerekir.

Yangını başlatmak için üç unsurun birlikte bulunması gerekir. Bunlar yakıt, oksijen ve ısıdır [20].

2.1.2. Yangın üçgeni

Yangın üçgeni, yangını başlatmak için gerekli üç unsur olarak tanımlanır. Bir yangını başlatmak için bu üç unsurun bir arada bulunması gerekir. Bu üç unsur, Şekil 2.11.'de temsili olarak gösterilmiştir.



Şekil 2.11. Yangın üçgeni [20]

Yangın üçgenini anlamak için, yangın unsurlarının yanma sürecine etki eden özellikleri bilinmelidir. Bu bilgi etkin önleme ve yönetim uygulamalarına ulaşmanın anahtarıdır. Yangından korunmada, öncelikle yangının başlaması için yakıt, oksijen ve ısının kimyasal reaksiyon vermesi engellenmeye çalışılır. Yangından korunma stratejileri, yakıtları, oksijen kaynaklarını ve ısı kaynaklarını kontrolü geliştirilir [20].

Örneğin, güvenli bir tahliye için gerekli güvenli çıkış zamanı ('required safe egress time' RSET) ile mevcut güvenli çıkış zamanı ('available safe egress time' ASET) karşılaştırılması gerekir. Mevcut güvenli çıkış zamanı gerekli güvenli çıkış zamanından büyük olması gerekir. Güvenli çıkış zamanını değerlendirilmesi yakıtlar, oksijen ve ısı kaynaklarının değerlendirilmesi ile mümkün olur [21].

2.1.2.1. Yakıt

Yakıtlar yanıcı sıvı, katı ve gaz şeklinde sınıflandırılır. Yanmanın devam edebilmesi için herhangi bir kimyasal reaksiyonda olduğu gibi, gerekli reaksiyon ısısını sürdürmek için bir enerji kaynağına ihtiyaç duyar. Katı yakıtlara örnek ahşap, kağıt, kumaş, kömür vb. verilebilir. Yanıcı sıvılara akaryakıt, benzin, boya, tiner, alkol, vb. malzemeler örnek verilebilir. Yanıcı gazlar için ise metan, propan, butan, asetilen, etilen vb. örnek verilebilir. Oksijen ile reaksiyonun olması için katı ve sıvılar gaz faza geçmeleri gerekir. Gaz fazdaki yanıcılar ile doğrudan yanma reaksiyonu gerçekleşir.

Ortam sıcaklık ve basıncında bazı sıvılar gaz faza geçebildiklerinden yanma reaksiyonuna direk katılabilirler. Yanmanın başlaması ve sürdürülebilmesi için uygun miktarda gaz konsantrasyonu gerekmektedir. Sıvı ve katıların gerekli konsantrasyonları oluşturabilmesi için ısıtılması gerekir. Etkin yangın güvenliği ve geliştirilecek önleme uygulamaları açısından yakıt türleri değerlendirilmelidir [20].

Katı bir yakıtın tutuşmamasında en önemli faktör yakıtın yüzey/kütle oranıdır. Yüzey kütle oranı, bir yakıtın yüzey alanında ne kadar kütlelisinin aynı anda bulunduğu alandaki etkilere maruz kaldığını belirtir [20].

Yakıtın yüzey alanı ne kadar fazla ise bir yangını başlatmak o kadar kolaydır. Yine yüzey alanı ne kadar fazla ise yakıt o kadar hızlı yanar. Yakıtın kütlelerinin artmasına bağlı olarak yanma reaksiyonunun başlatılması ve sürdürülmesi zorlaşır. Pamuğu örneği düşünülürse, pamuk tozları ve tüyleri sıkıştırılmış pamuk balyalarından daha kolay ve daha hızlı yanacaktır [20].

Sıvı yakıtlarda yanmaya etki eden faktörler ise yanma noktası, kaynama noktası, parlama noktası ve özgül ağırlıktır. Sıvılarda en kritik faktör parlama noktasıdır. Parlama noktası, yanabilir hava yakıt karışım oranının oluşturulması için gerekli sıcaklıktır. Parlama noktası sıcaklığı ve üzerinde bulunan sıvılar, herhangi bir tutuşturma kaynağı ile temas ettiğinde tutuşacaktır [20].

2.1.2.2. Oksijen

Hava, yaklaşık %21 oranında oksijen içerir. Yanma için oksijen gereklidir. Havanın oksijen oranı % 15'in altına düştüğünde yanma yavaşlar. Oksijen oranı % 8'e düştüğünde ise yanma durur. Oksijen ortamdaki hava dışında oksitleyici kimyalardan da alınabilir [20].

2.1.2.3. Sıcaklık

Isı yangını başlatmak için gerekli unsurlardan biridir. Yanıcı hava-yakıt karışımları ile ısı kaynaklarının teması engellenerek yangınlar etkin bir şekilde önlenmektedir [20]. Genel olarak tutuşma kaynakları olarak şunları görmekteyiz;

- Kesme ve kaynak işlemleri gibi açık alevler,
- Sigara içmek
- Elektrikli teçhizat, lehimleme veya taşlama gibi kıvılcım kaynakları
- Elektrik motorları,
- Kablolar ve proses boruları gibi sıcak yüzeyler
- Kazanlar veya portatif ısıtıcılardan yayılan ısı
- Yıldırım düşmesi
- Yanıcı sıvıların aktarılması sırasında statik boşalmalar
- Tellerden ve elektrikli ekipmanlardan kaynaklanan arklar
- Ekzotermik kimyasal reaksiyonlar
- Bir yakıtın uygun şekilde yalıtılmasıyla birlikte yavaş oksidasyon veya kendiliğinden tutuşma

Konut dışı yangın nedenleri ile ilgili

Tablo 2.1.'de istatistiklere yer verilmiştir.

Tablo 2.1. ABD'de 2018 yılı konut dışı yangınların nedenleri [22, 23]

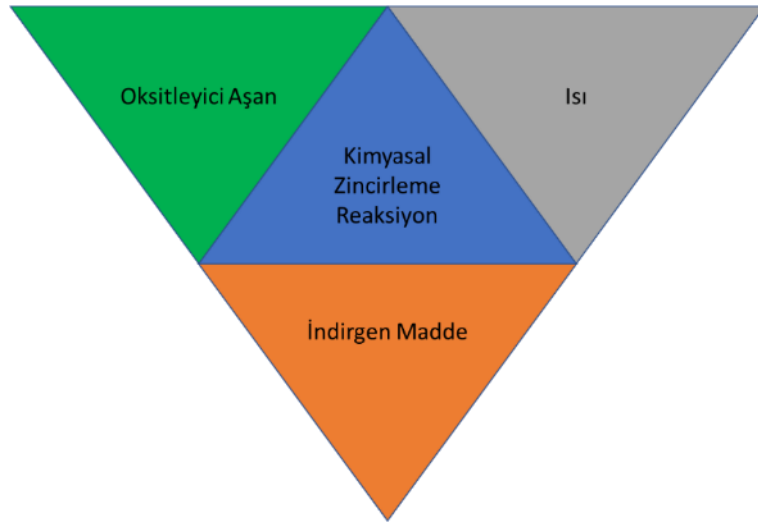
Yangın Nedeni	Oran
Yemek pişirme	% 30,6
Kasıtsız, dikkatsiz	% 11,5
Kasıtlı	% 9,8
Elektrik arızası	% 7,8
Isıtma	% 6,9
Açık alev	% 5,7
Diğer ısı	% 5,3
Diğer ekipman	% 4,7
Ekipman arızası	% 3,8
Aletler	% 3,5
Maruziyet	% 3,4
Doğal	% 3,2
Sigara içmek	% 2,1
Araştırılıyor Nedeni	% 1,5
Isı kaynağıyla oynamak	% 0,3

2.1.3. Yangın dörtyüzlüsü

Yangından korunma, yangının üç unsurunun yangını başlatmaması için birbiriyle temas etmesini önlenmesi ile ilgilidir. Yangının devam etmesi için dördüncü değişken gereklidir. Dört değişken yakıt, oksijen, ısı ve kimyasal zincir reaksiyonlarıdır. Bu dört değişken yangın dörtyüzlüsü şeklinde tanımlanır. Yangın dörtyüzlüsü, Şekil 2.12.'de gösterilmiştir [20].

Kimyasal zincir reaksiyonları yanma işleminin sonucudur. Kimyasal reaksiyonlar yakıtın türüne bağlı olarak karbon monoksit, karbon dioksit, karbon ve diğer yanma ürünlerini oluşturur. Yanma ürünlerinin oluşturduğu duman insan sağlığını olumsuz etkilemektedir.

Yangın başladığında ve kendini besleyerek sürdürdüğünde, amaç yangını kontrol etmek ve söndürmektir. Söndürme, yangın dörtüzlüsü unsurlarından birinin ortadan kaldırılması ile yapılır. Yakıt, oksijen veya ısının uzaklaştırılması gerekir veya kimyasal zincir reaksiyonlarının kırılması ile yangınlar söndürülebilir [20].



Şekil 2.12. Yangın dörtüzlüsü [20]

Yakıtın kontrol edilmesi iki yöntemle yakıt kontrolü gerçekleştirilmektedir. Yakıt ortamdaki uzaklaştırılabilir veya alevden ayrıştırılır. Örneğin, ahşap palet yığınlarını içeren bir yangın, açık palet yığınlarının güvenli bir yere kaldırılmasıyla kontrol edilebilir. Başka bir örnek, bir gazı veya yanıcı sıvı yangını besleyen bir vanayı kapatmaktır. İkinci olarak, yakıt seyreltilerek kimyasal olarak etkilenebilir [20].

Oksijeni kontrol etme Oksijen kontrolü, oksijenin engellenmesi, yer değiştirmesini veya oksijen konsantrasyonunun %15'in altına düşürülmesini gerektirir. Yangında oksijen konsantrasyonu %8'in altına indirildiğinde sönme gerçekleşir. Boğma yöntemi ile yangın söndürülebilir. Yangını boğmak, alevin oksijen almasını engelleyecek bir bariyer oluşturmak şeklinde tanımlanır. Bu bariyer, örtü veya köpük tabakası uygulayarak gerçekleştirilebilir. Oksijen konsantrasyonunun değiştirilmesi veya

azaltılması, ateşe karbondioksit gibi bir gaz verilmesi ile olabilir. Karbondioksit havadan ağır olması nedeni ile oksijenin yerini alarak oksijen konsantrasyonunun yangını sürdüremeyecek düzeye düşürür [20].

Isıyı kontrol etme Isıyı kontrol etmek, ısının absorbe edilmesi ile mümkündür. Yanma ısı veren bir kimyasal reaksiyon olduğundan üretilen ısıdan daha fazla ısının absorbe edilmesi ile kimyasal zincir reaksiyon kırılır. En yaygın kullanılan söndürme maddesi sudur. Su yüksek miktarda ısıyı absorbe edebildiği için verimli bir yangın söndürücüdür [20].

Kimyasal zincir reaksiyonlarını engellemek Kimyasal zincir reaksiyonlarını engellemek, kimyasal bir ajanın yangına dahil edilmesi ile gerçekleşir. Kimyasal zincirleme reaksiyonu kırmak için kullanılan kimyasal maddeler, bir sonraki reaksiyon adımını tamamlayacak serbest radikalleri yakalayarak zinciri kırar. Genellikle taşınabilir yangın söndürücülerde kullanılan kuru kimyasal tozlu söndürme maddeleri bu mekanizma ile çalışır [20].

2.1.4. Yangının aşamaları

Yangın, yakıt ve oksijenin tüketilmesine bağlı olarak çeşitli aşamalardan geçer. Etkin mücadele için bu aşamaların bilinmesi gerekmektedir [20].

2.1.4.1. Başlangıç safhası

Başlangıç safhası, yanmanın başladığı aşamadır. Bu safhada, yüksek miktarda oksijen ve yakıt bulunur. Yanma ürünleri su buharı, karbon dioksit ve karbon monoksittir. Yangının merkezinde 538 °C'ye ulaşmış olabilir, ancak oda sıcaklığı halâ normale yakındır [20].

2.1.4.2. Serbest yanma aşaması

Başlangıç aşaması devamında oluşur. Bu aşamada kendi kendine devam eden kimyasal reaksiyon yoğunlaşır. Başlangıç safhasına göre daha fazla ısı yayılır. Yakıt ve oksijen hızlıca azalır. Odadaki sıcaklık 705 °C'nin üzerine çıkabilir. Kapalı

bir bölümde serbest yanma aşaması tehlikeler barındırır. Isı yoğunluğundan dolayı ortamda bulunan yanıcılar ısınır. Eğer bölme iyi havalandırılmıyorsa yanıcı maddeler yanma sıcaklığına ulaşır. Odadaki yanıcılar aynı zamanda tutuşma sıcaklığına ulaştığında alevlenme meydana gelir. Bir alevlenmenin ardından oda sıcaklıklarının 1094 °C'yi aşması olasıdır [20].

2.1.4.3. Yanma aşaması

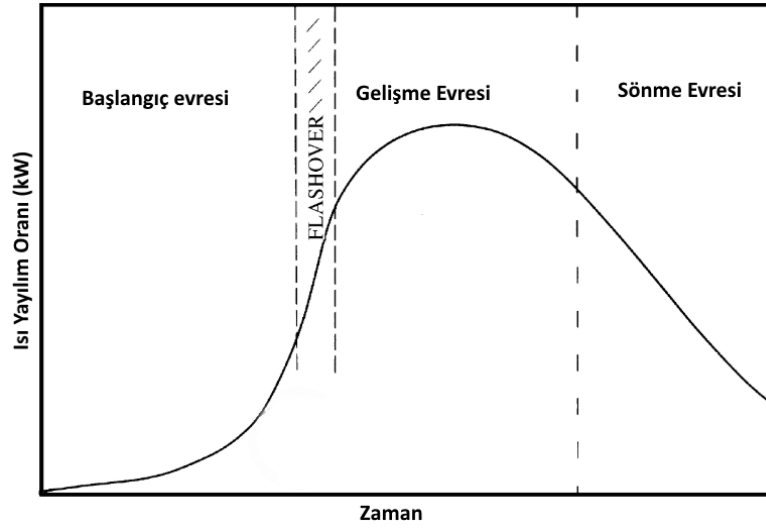
Yanma aşaması serbest yanma safhasını takip eder. Serbest yanan bir ateş yanmaya devam ettikçe, kimyasal reaksiyon sonunda bölmede mevcut olan oksijeni tüketecek ve sonuçta onu karbon monoksit ve karbondioksit'e dönüştürecektir. Bu, bölmedeki oksijen konsantrasyonunun düşmesine neden olur. Oksijen konsantrasyonu %15'e düştüğünde, kimyasal reaksiyon serbest yanmayı desteklemek için yeterli oksijene sahip olmayacaktır. Gözle görülür bir şekilde, alevler azalır. Yangın, özellikle bir bölmede izole edildiğinde, yanma işlemine saatlerce devam edebilir. Oda sıcaklıkları 500–800 °C arasında değişebilir. Yanmanın yan ürünleri de bölmeyi doldurur ve insanın hayatta kalması imkansızdır. Yanma durumunda, backdraft adı verilen aşırı bir tehlike gelişebilir. Bir yangına oksijen verildiğinde bir geri çekilme meydana gelir. Yeterli miktarda yakıt, ısı ve kimyasal zincir reaksiyonu varlığında yine yeterli miktarda oksijenin bulunması halinde tekrar alevlenme olabilir. Bu durumlarda, backdraft etkisi ile patlama gerçekleşir [20].

2.2. Flashover

Flashover tam gelişmiş yanmanın öncesi oluşu söylenebilir. Yanmanın lokal alevin odada toplanan yanmamış gazların, buharların ve tüm yakıt yüzeyine kısa sürelerde yayılması olarak tanımlanabilir [21].

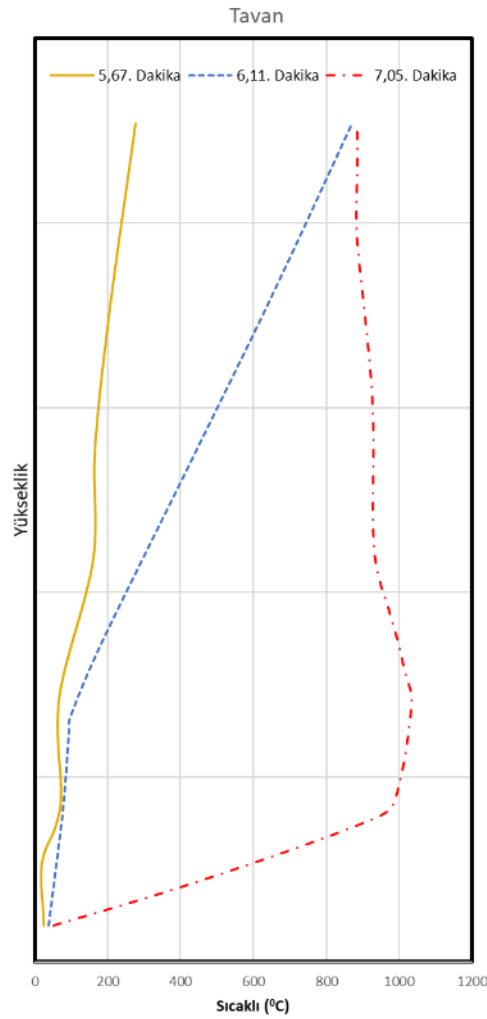
Flashover tahliye güvenliği açısından çok önemlidir. Başarılı bir tahliye için flashover oluşma zamanının anlaşılması gerekir. Burada oluşum süresinin bilinmesi güvenli çıkış süresini yeterliliğini analiz için gereklidir. Güvenli tahliye için gerekli güvenli çıkış süresi kullanılabilir. Mevcut çıkış süresi, güvenli çıkış süresine eşit veya büyük olmak durumundadır [21].

Oda yangınları üç evrede incelenmektedir. Başlangıç evresi, odadaki sıcaklık nispeten düşük ve yanmanın başlangıç bölgesinde kısıtlı alanda bulunduğu büyüme gelişme evresi veya flashover öncesi evredir. Tam gelişmiş yanma gelişme evresi, alanda bulunan tüm yanıcıların yandığı ve alevlerin tüm alana yayıldığı veya flashover sonrası evredir. Sönme evresi, ortalama sıcaklık eğrisinin pik noktasındaki sıcaklığın %80'nine düşmesi sonrası yangının sönme eğilimine girdiği evredir. Yangın evreleri Şekil 2.13.'de şematik olarak anlatılmıştır [21].



Şekil 2.13. Yangın evreleri [21]

Oda yangınlarında flashover süresi 15 ile 30 saniye arasında sürebilir. Yanmanın devam ettiği alanın büyüklüğü, tavan yüksekliği, havalandırma durumuna bağlı olarak bu süre daha uzun veya kısa olabilir. Genel olarak flashover alevlerin oda açıklıklarından çıktığı an olarak kabul edilmekte ve tanımlanmaktadır [21].



Şekil 2.14. Oda yangını dikeyde sıcaklık değişimi [21]

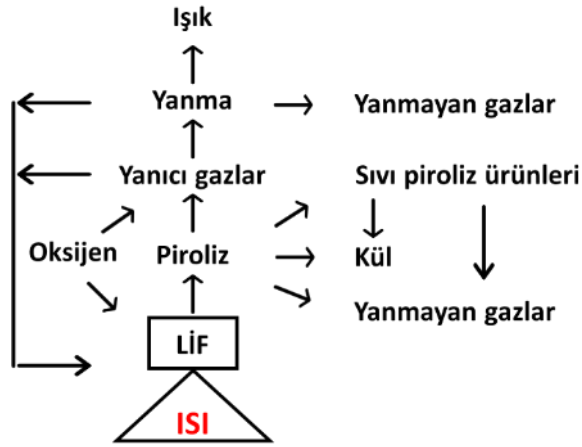
Tahliye güvenliğini etkileyen dikeydeki sıcaklık değişimini değerlendirmekte önemlidir. Dikeydeki sıcaklık değişimi güvenli kaçış süresi ve kaçış yöntemlerini belirlemede önemli kriterdir. Şekil 2.14.'te ateşleme sonrası 5,67. dakika, 6,11. dakika (flashover başlangıcı) ve 7,05. dakikada flashover gözlemlendiği anlar için yüksekliğe göre sıcaklık değişimleri verilmiştir [21].

2.3. Tekstil Malzemelerinin Yanması ve Isıl Bozulması

Yanıcı madde yanma ısısına ulaştığında, oluşan piroliz ürünleri tutuşarak yanmaya başlamaktadır. Piroliz deney B1 ve B2'de gözlemlenmiştir. Yanan malzemede ısının etkisi ile piroliz gazları oluşmaya devam edeceğinden yanma kendini beslemekte ve

yanma devam etmektedir. Bu durumda yanma, yanıcı madde veya oksijen tükeninceye kadar devam eder.

Yukarıda da belirtildiği gibi yanma, ısı, oksijen ve uygun yakıt olmak üzere üç bileşen gerektiren ekzotermik bir reaksiyondur. Yanma reaksiyonuna müdahale edilmediğinde, açığa çıkan ısı yanma reaksiyonunu besler ve oksijen, yakıt beslemesi veya fazla ısı tükenene kadar yanma devam eder. Tekstil liflerinin yanma davranışını anlayabilmek için piroliz mekanizmasını detaylı incelemek gerekir. Piroliz, moleküller arası bağların kopması için gerekli ısı miktarının sağlandığı endotermik bir reaksiyondur. Tekstil liflerinin karakteristik özelliklerine bağlı olarak piroliz sıcaklığı farklılık göstermektedir. Tekstil liflerinin yanma modelinin diyagramı Şekil 2.15.'de verilmiştir [24].



Şekil 2.15. Tekstil liflerinin yanma modeli [24]

Isıya maruz kalan tekstil lifleri piroliz sıcaklıklarında kimyasal olarak parçalanmaya başlar. Başka bir ifade ile pirolize uğrar ve yanıcı gazları oluşturur. Piroliz sonucu kimyasal değişiklikler geri çevrilemez.

Lif piroliz sıcaklığında yapısına, karakteristik özelliklerine bağlı olarak yanıcı olmayan gazlar (karbon dioksit, su buharı, azot ve sülfür oksit), kömürleşme artıkları, katran (sıvı artıklar) ve yanıcı gazlar (karbon monoksit, hidrojen ve yanıcı organik moleküller) ortaya çıkmaktadır. Sıcaklık artıkça, oluşan sıvı artıklarda pirolize uğrar ve daha fazla yanıcı olmayan gaz, kömür ve yanıcı gaz oluşmasına sebep olur. Sıcaklık artmaya devam ettiğinde tutuşma sıcaklığına ulaşıldığında ise yanıcı gazlar oksijen ile

reaksiyona girerek tutuşma gerçekleşir. Gaz fazında serbest radikallerin reaksiyonlarının gerçekleştiği bu anda yanıcı gazların oksijenle reaksiyonuna tutuşma denir. Burada gerçekleşen reaksiyonlar ekzotermiktir ve yüksek miktarda ısı ve ışık açığa çıkar. Oluşan ısı, yanmanın devamı için gerekli ısıyı sağlar. Yani pirolizle yanıcı gazların oluşması için gerekli şartlar oluşmaktadır. Böylelikle daha fazla yanıcı gaz oluşmakta ve yanma reaksiyonu devam etmektedir [24].

2.4. Perakende Tekstil Mağazalarında Malzemelerin Karakteristik Özellikleri

Pleksi Glas: Termodinamik yapısı neden ile yanmaya karşı dayanıklılığı azdır. Sıcaklığın 75°C olması ile yumuşamaya başlar.

Pamuk: Selülozik esaslı doğal lifdir. Tutuşması ve yanması kolaydır. Tutuşma gerçekleştiğinde alev kaynağının uzaklaştırılması durumunda yanma devam eder. Yanma sonrasında gri renkli kül bırakır. Yanma sırasında kağıt yanığı gibi koku bırakır.

Keten: Selülozik esaslı doğal lifdir. Tutuşması ve yanması kolaydır. Tutuşma gerçekleştiğinde alev kaynağının uzaklaştırılması durumunda yanma devam eder.

İpek: Hayvansal esaslı doğal lifdir. Yanma sırasında alevden kıvrılarak uzaklaşır. Tutuşturulması zordur. Tutuşma gerçekleştiğinde alev kaynağının uzaklaştırılması durumunda yanma çok az devam eder. Kendi kendine söner. Yanma sonrasında dağılan siyah kül ve yanan saç kokusu bırakır.

Yün: Hayvansal esaslı doğal lifdir. Yanma sırasında alevden kıvrılarak uzaklaşır. Tutuşturulması zordur. Tutuşma gerçekleştiğinde alev kaynağının uzaklaştırılması durumunda yanma çok az devam eder. Kendi kendine söner. Yanma sonrasında dağılan siyah kül ve yanan saç kokusu bırakır.

Modakrilik: modifiye Sentetik akriliktir. Alevden eriyerek uzaklaşır. Eriyerek yanar. Tutuşma gerçekleştiğinde alev kaynağının uzaklaştırılması durumunda yanma normalde kendiliğinden söner. Yanma sırasında beyaz duman çıkarır. Yanma sonrasında kırılğan, sert topaklar halinde kül bırakır.

Poliester: Uzun zincir yapısında sentetik polimerlerdir. Eriyerek yanar. Siyah duman bırakır. Alev uzaklaştırıldığında kendiliğinden söner. Siyah sert topraklar halinde kül bırakır.

Nylon: Sentetik poliamiddir. Alev karşısında eriyerek ve çeker. Yanma sırasında yavaş erir. Alev kaynağı uzaklaştırıldığında, kendiliğinden söner. Gri sert ya da siyah topraklar halinde kül bırakır.

Olefin: Uzun zincirli sentetik polimerdir. Alev karşısında eriyerek ve çeker. Eriyerek yanar. Alev kaynağı uzaklaştırıldığında kendiliğinden söner. Koyu sert ya da kirli beyaz topraklar halinde kül bırakır. Sarı ya da mavi alevli yanar.

Spandex: Uzun zincir yapısında sentetik polimerdir. Alev karşısında erir ve çekmez. Eriyerek yanar. Alev kaynağı uzaklaştırıldığında yanmaya devam eder. Siyah yumuşak kül bırakır.

Tekstil liflerinin termal özellikleri Tablo 2.2.'de verilmiştir.

Tablo 2.2. Tekstil liflerinin termal özellikleri [25]

Elyaf	Camlaşma Sıcaklığı Tg (°C)	Erime sıcaklığı Tm (°C)	Piroliz sıcaklığı Tp (°C)	Yanma sıcaklığı (°C)	Tc Yanma entalpisi ΔH (kJ/g)
Yün	-	-	245	600	27
Pamuk	-	-	350	400	19
Viskoz	-	-	350	420	19
Triasetat	172	290	305	540	-
Nylon 6	50	215	431	540	39
Nylon 6.6	50	265	403	530	32
Poliester	80-90	255	420-477	480	24
Akrilik	100	>220	290	>250	32
Polipropilen	-20	165	469	550	44
Modakrilik	<80	>240	273	690	-
PVC	<80	>180	>180	450	21
PVDC	-17	180-210	>220	532	11
PFTE	126	>327	400	560	4
Nomeks	275	375	310	500	30
Kevlar	340	560	590	>550	-
PBI	>400		>500	>500	-

2.5. Ticari Amaçlı Yapılarda (Perakende Sektöründe) Tahliye Güvenliği

Tahliye, insanların yakın bir tehlike bulunan alandan mal ve can güvenliğini sağlamak için uzaklaştırılması şeklinde tarif edilebilir. Tahliye kurtarma veya tedbir amaçlı yapılabilir. İnsanların tehlike bulunan alanlardan kısa sürede en az zarar ile uzaklaştırılması gerekir. Acil durumlarda bunun sağlanabilmesi için doğru tasarlanmış yapı ve iyi bir tahliye planının olması şarttır.

Yapılarda oluşacak tehlike durumlarına karşı yapılar ve yapı içerisindeki bölümler uygun şekilde tasarlanmalıdır. Yapı tasarımlarında kullanılan farklı tasarım yaklaşımları kullanılmaktadır. Bunlar kuralcı-hükme dayalı tasarım yaklaşımı, deneme tasarım yaklaşımı ve performans temelli tasarım yaklaşımlarıdır.

Performans temelli tasarım ile ilgili Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğini, NFPA 101 kodunu örnek verebiliriz. Hükme dayalı tasarım yaklaşımı ile hazırlanan Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelik Madde 5'te performans temelli yaklaşıma izin verildiği sonucu çıkartılabilir.

Binaların yangından korunması hakkında yönetmelikte mağazalar ticari amaçlı binalar şeklinde tanımlanmıştır. Toplam alanı 2000 m²'nin üzerinde olan katlı mağazalarda yağmurlama sistemi zorunlu tutulmuştur. En az 2 bağımsız kaçış merdiveni veya başka çıkışların sağlanması gerekir [26].

BYKHY'de Kaçış yolu, "Oda ve diğer müstakil hacimlerden çıkışlar, katlardaki koridor ve benzeri geçişler, kat çıkışları, zemin kata ulaşan merdivenler ve bina son çıkışına giden yollar dâhil olmak üzere binanın herhangi bir noktasından yer seviyesindeki cadde veya sokağa kadar olan ve hiçbir şekilde engellenmemiş bulunan yolun tamamını" şeklinde tanımlanmıştır. Kaçış güvenliği için hükümler belirlenmiştir [26].

Kaçış yolu genişlikleri 100, 150, 200 cm genişliğinden az olmayacak şekilde belirlenmiştir. Tablo 2.3.'de mağazalarda kaçış uzunlukları söndürme sistemi varlığına göre mesafeleri verilmiştir [26].

Tablo 2.3. BYKHY'ye göre kaçış uzaklıkları [26]

Kaçış Yönü	Söndürme Sistemi	Kaçış Uzaklığı
Tek yön en çok uzaklık (m)	Söndürme Sistemi	
	Yağmurlama Sistemi yok	15
İki yön en çok uzaklık (m)	Yağmurlama Sistemli	25
	Yağmurlama Sistemi yok	45
	Yağmurlama Sistemli	60

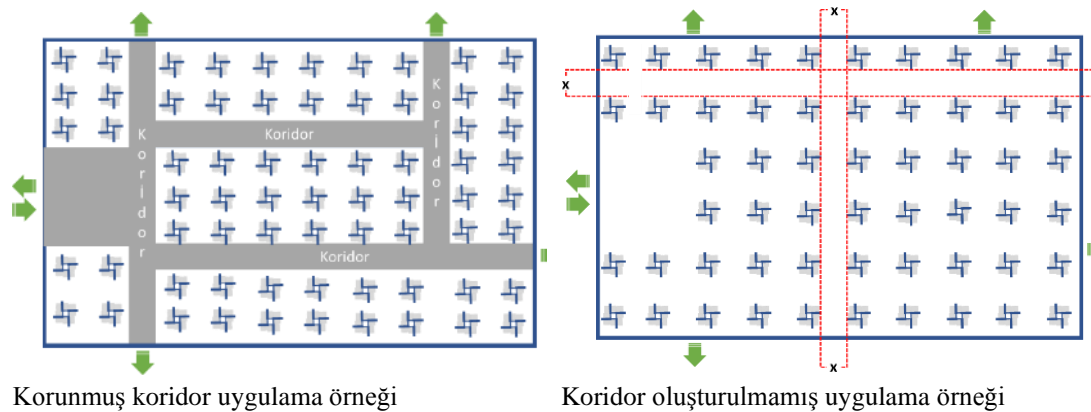
NFPA 101 de ise ticari amaçlı binalarda kaçış koridor genişlikleri, 36 inç'ten (915 mm) az olmayacak şeklinde belirlenmiştir. Yine kullanıcı yüküne göre verilen kapasite faktörü kullanılarak genişlikler hesaplanmaktadır. Tablo 2.4.'de tehlike tanımı ve söndürme sisteminin varlığına göre belirlenmiş hükümler verilmiştir [27].

Tablo 2.4. NFPA 101'e göre kaçış uzaklıkları [27]

Tehlike Tanımı	Söndürme Sistemi	Kaçış Uzaklığı
Olağan Tehlike Sınıfında	Söndürme Sistemi	
	Yağmurlama Sistemi yok	46
	Yağmurlama Sistemli	76
Yüksek Tehlike Sınıfında	Yağmurlama Sistemi yok	23
	Yağmurlama Sistemli	-

Ülkemizde ticari amaçlı binalarda kullanım sırasında koridor genişlikleri ve kaçış mesafelerinin uygunluğu konusunda denetim yapılmamaktadır. Ancak dünyada bazı ülkelerde bu denetimler yapılmaktadır.

Uluslararası faaliyet gösteren perakende mağazalarında alınan önlemler dikkate alındığında koridor uygulamaları kaçış mesafesi ve genişliklerinin korunması yoluna gidildiği görülmektedir. Ayrıca ürün yerleştirme sonrası kaçış mesafelerinin dikkate alınmadan koridor genişliklerinin minimum genişliklerde tutulduğu Şekil 2.16.'da görüldüğü gibidir.



Şekil 2.16. Koridor uygulama örnekleri

BÖLÜM 3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

Araştırmada, Defacto Perakente Ticaret A.Ş. den temin edilen fiziksel ve kimyasal testler için numune alınan ürünler kullanılmıştır. Numune alınan ürünler kullanıldığından ürün türlerinin tamamı sürece dahil edildiği kabul edilebilir. Kış, yaz, bahar, sonbahar için üretilen, farklı kullanım ve farklı yaş guruplarının (bebek, genç, çocuk, yetişkin) kullandığı ürünler deneylerde rast gele örnekleme ile kullanılmıştır.

3.2. Yöntem

Yanıcların, amaca matuf geliştirilmiş herhangi bir standart yöntem ile tutuşturulup izlenmesi ile yanıcının özellikleri ve yangın anında yangına katkısı belirlenebilir. Seçilen yöntemle ısı yayılım oranı, sıcaklıklar, duman oluşumunun izlenebilmesi amaçlanmıştır.

3.2.1. Hesaplama yöntemleri

Oda tavanından ve bacadan alınan sıcaklık, CO, CO₂ ve hız verileri ile kanaldan kütle akışı, ısı yayılım oranı ve gaz salınım hızları aşağıdaki hesaplama yöntemleri ile hesaplanmıştır.

3.2.1.1. Kanaldan kütle akışı hesabı

Kanal boyunca kütle akışı, merkez hattı boyunca iki yönlü bir probla ölçülen hızdan elde edilir. Kütle akışı, aşağıdaki eşitlik kullanılarak (Denklem 3.1) hesaplanmıştır [28].

$$\dot{m}_e = C \sqrt{\frac{\Delta p}{T_e}} \quad (3.1)$$

C'nin teorik değeri, sabittir ve aşağıdaki şekilde tahmin edilir. Çift yönlü prob ile alınan basınç farkı verileri ile aşağıdaki eşitlik kullanılarak (Denklem 3.2) hesaplanmıştır [28].

$$V_c = \frac{\sqrt{2\Delta p \rho_e}}{f(Re)} \quad (3.2)$$

Reynolds sayısı $f(Re)$, $40 < Re < 3800$ için aşağıdaki eşitlik kullanılarak (Denklem 3.3) hesaplanmıştır [28].

$$f(Re) = 1.533 - 1.366 \cdot 10^{-3} Re + 1688 \cdot 10^{-6} Re^2 - 9.706 \cdot 10^{-10} Re^3 - 12.555 \cdot 10^{-13} Re^4 - 2.484 \cdot 10^{-17} Re^5 \quad (3.3)$$

Eğer $Re > 3800$ ise, $f(Re)$ 1.08'lik bir değere eşittir. Kanalın ve kesitinin üzerindeki ortalama hız, V_c 'den biraz daha küçüktür. V_e 'nin V_c 'ye oranının k_c olarak tanımlanması ve egzoz borusundan akan gazların atmosfer basıncında olduğu ve aynı özelliklere sahip olduğu varsayılarak, kütle akışı aşağıdaki eşitlik kullanılarak (Denklem 3.4) hesaplanabilir [28].

$$\dot{m}_e = \rho_e V_e \approx \frac{353}{T_e} k_c V_c A \quad (3.4)$$

(3.1), (3.2), (3.3) ve (3.4) denklemlerinin birleşimi aşağıdaki eşitlik (Denklem 3.5) şeklinde sonuçlanır [28].

$$C_{th} \approx 26,54 \frac{k_c A}{f(Re)} \quad (3.5)$$

k_c için tipik bir 0.9 ve $f(Re)$ için 1.08'in değeri ile aşağıdaki (Denklem 3.6) basit tahmine ulaşılır [28].

$$C \approx 22A \quad (3.6)$$

3.2.1.2. Isı yayılım oranı

3.1 'e göre kütle akışını ve 3.7'ye göre oksijen tükenme faktörünü aşağıdaki eşitlik kullanılarak (Denklem 3.7) hesaplanmıştır [29].

$$\varphi = \frac{x_{O_2}^{A^0}(1-x_{CO_2}^A-x_{CO}^A)-x_{O_2}^A(1-x_{CO_2}^{A^0})}{x_{O_2}^{A^0}(1-x_{O_2}^A-x_{CO_2}^A-x_{CO}^A)} \quad (3.7)$$

Daha sonra aşağıdaki eşitlik kullanılarak (Denklem 3.8) ısı yayma oranını hesaplanmıştır [29].

$$\dot{q} = \left(E_\varphi - (E_{CO}^E) \frac{1-\varphi}{2} \frac{x_{CO}^A}{x_{O_2}^A} \right) \frac{M_{O_2}}{M_a} \frac{\dot{m}_e}{1+\varphi(\alpha-1)} X_{O_2}^{A^0} \quad (3.8)$$

3.2.1.3. Karbonmonoksit salınım hızı

Karbonmonoksitin salınım hızı aşağıdaki eşitlik kullanılarak (Denklem 3.9) hesaplanmıştır [28].

$$\dot{m}_{CO} = \frac{x_{CO}^A(1-x_{O_2}^{A^0}-x_{CO_2}^{A^0})}{1-x_{O_2}^A-x_{CO_2}^A-x_{CO}^A} \frac{M_{CO}}{M_a} \frac{\dot{m}_e}{1+\varphi(\alpha-1)} \quad (3.9)$$

Denklemlerde kullanım için aşağıdaki sayısal değerler önerilir:

$E = 13.1$ Testler için MJ/kgO₂ ve gaz brülörü kalibrasyonları için

$E = 12.76$ MJ / kg O₂, $E_{CO} = 17.6$ MJ/kgO₂;

Moleküler kütle: $M_a = 29$ kg / kmol, $M_{CO} = 28$ kg / kmol,

$M_{O_2} = 32$ kg / kmol;

Genleşme faktörü: $\alpha = 1.084$.

3.2.1.4. Kullanılan araç- gereçler

Bu araştırma sırasında kullanılan ekipmanlar tanımlanmıştır. Daha fazla ve farklı veriler için ilave ekipman eklenebilir.

3.2.1.5. Deneysel çalışma için gereken test odası ve ölçüm aletleri

Tez çalışması bünyesinde planlanmış ASTM E2257 – 17 ve ISO 9705-1 standartlarına uygun bir yangın odası inşası yapılmıştır.



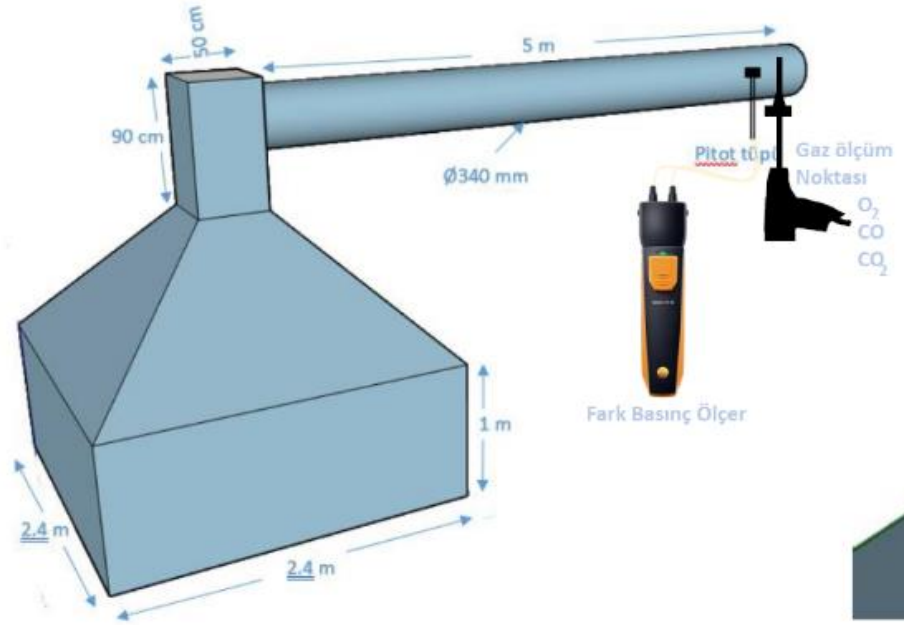
Şekil 3.1. Yangın odası inşasının yapıldığı alan

Ardından yangın anında duman analizinin yapılması için gereken duman yönlendirilmesinin sağlandığı davlumbaz için gerekli alımlar yapılmış ve montajı gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3.2. Yangın odasının davlumbaz montaj aşamaları ve davlumbaz montajlı son hali

Odanın boyutları 2.4 m x 3.6 m x 2.4 m yüksekliğinde, 2.4 m x 2.4 m duvarlardan birinde 0.8 m x 2.0 m yüksekliğinde bir kapı ile yapılmıştır. Kapının bulunduğu duvara bitişik uzunluk ve genişliği 2.4 m olan davlumbaz yapılmıştır.



Şekil 3.3. Ölçüm cihazlarının bacaya yerleşim düzeni

3.2.1.6. Karbondioksit sensörü

Oda inşaatı esnasında deneylerden veri toplamak için gereken Thermokupllar, CO₂ ve CO sensörlerin alımı gerçekleştirildi. Dijital sonuç veren Kechuangte marka Winsen MH-Z16 model kızılötesi CO₂ sensörü kullanılmıştır. Tablo 3.1.'de sensörün özellikleri verilmiştir.



Şekil 3.4. Karbon dioksit (CO₂) sensörü

Tablo 3.1. Karbon Dioksit (CO₂) Sensörü Özellikleri

Ölçüm aralığı	Doğruluk	Çalışma sıcaklığı	Tepki süresi
0 ~ 15% VOL(0 ~150.000ppm)	$\pm(50\text{ppm} + 5\% \text{ Okuma değeri})$	0 ° c ~ 50 ° c	T90 < 30s

3.2.1.7. Verilerin alınması için tasarlanan kart

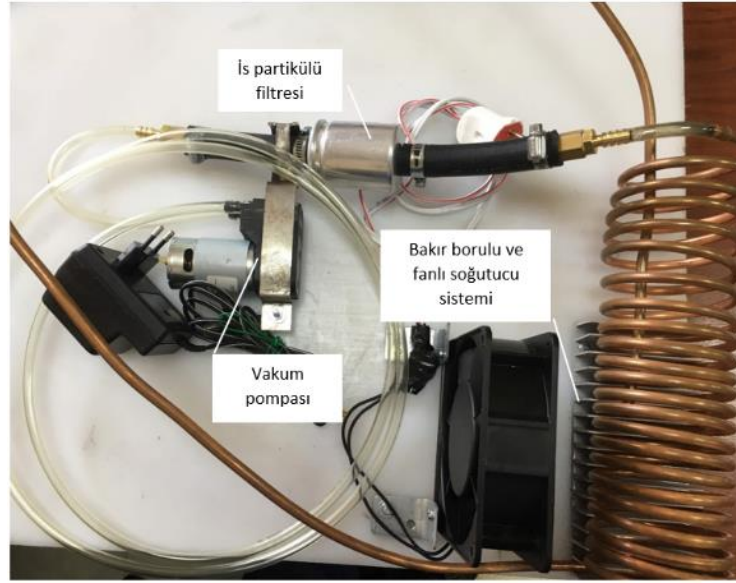
Sensörlerden gelen veriyi okumak için arduino sistemiyle çalışan bir kart tasarlanıp yazılımı yapıldı. Şekil 3.5.'de tasarlanan kart ve Arduino okuyucu sistem görülmektedir.



Şekil 3.5. Tasarlanan arduino okuyucu sistem

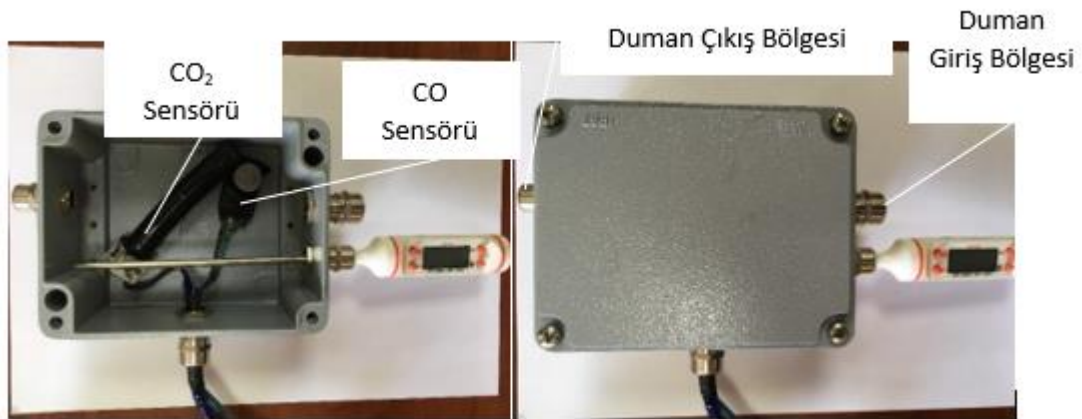
3.2.1.8. Baca dumanı emiş ve şartlandırma düzeneği

Baca içerisinde oluşan yüksek sıcaklıktan dolayı CO₂ ve CO sensörlerinin doğrudan baca içerisine daldırılıp veri almaları mümkün olmadığı, sensörlerin yüksek sıcaklıktan ve yoğun isten dolayı zarar görecekları ön testlerden anlaşılmıştır. Bunu engellemek için baca içerisinden duman örneğini vakumlayabilen ve bu dumanı önce soğutup daha sonra filtreden geçirip is partiküllerinden arındırdıktan sonra hava kapalı bir kutu içerisinde bulunan sensörlere iletebilen bir sistem hazırlandı. Şekil 3.6.'da pompa, filtre ve soğutucu sistemin bir arada bulunduğu baca dumanı emiş ve şartlandırma sistemi görülmektedir.



Şekil 3.6. Baca dumanı emiş ve şartlandırma düzeneği

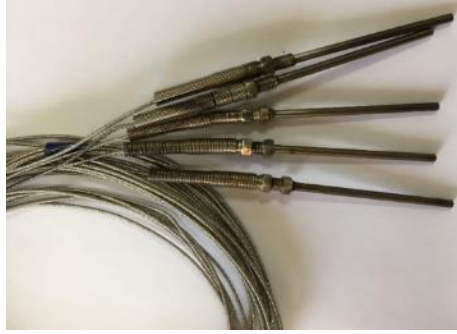
Bacadan emilen ve şartlandırılan duman daha sonra Şekil 3.7.'de görülen CO₂ ve CO sensörlerinin bulunduğu sızdırmaz kutuya aktarılmıştır. Soğuk ve is partiküllerinden arındırılmış baca dumanında bulunan CO₂ ve CO konsantrasyonu bu sayede sağlıklı bir şekilde ölçülebilmektedir. Sızdırmaz kutu içerisinde ayrıca ek bir Thermokupl ekleyerek herhangi bir ani sıcaklık artışına karşı önlem alabilmek için sensörlere gelen gazın sıcaklığı takip edilmiştir. Yapılan deneylerde kutu içi sıcaklığın dış ortama da bağlı olarak sensörlere zarar verecek sıcaklığa ulaşmadığı ve en yüksek 35 °C ulaştığı tespit edilmiştir. Şartlandırılmış duman kutuya alt bölgeden girmekte ve üst tarafından dış orama atılmaktadır. Bu sayede kutu içerisinde gaz konsantrasyonu bacadaki konsantrasyonla eş bir şekilde değişmiştir.



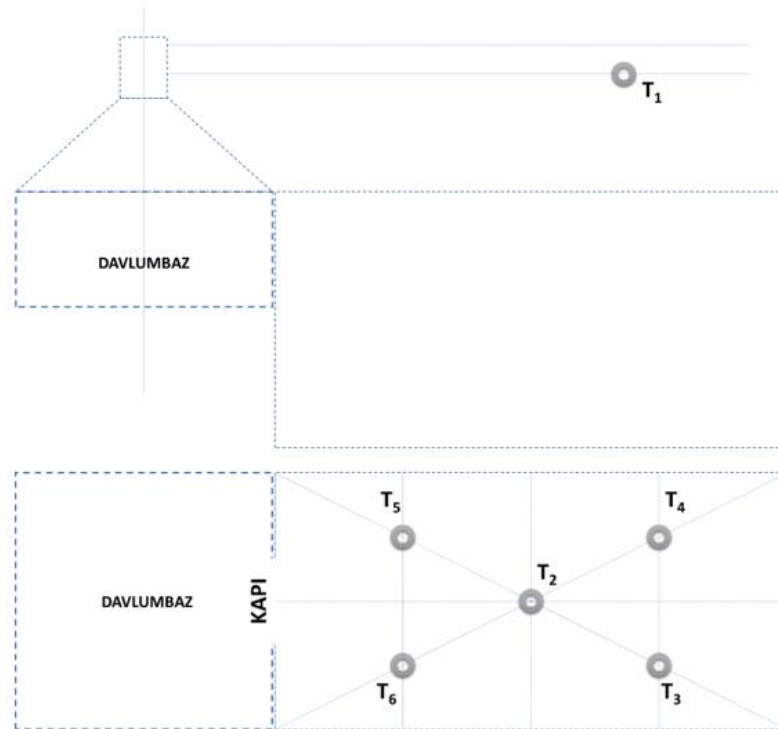
Şekil 3.7. CO₂ ve CO sensörlerinin yerleştirildiği sızdırmaz kutu.

3.2.1.9. Thermokupllar

Krom Nikel (NiCr-Ni) K tipi thermokupllar kullanılmıştır. Sıcaklık ölçüm aralığı 0 - 1000°C dir. şekil 3.8.'de oda tavanına yerleştirilmek için alınan uzun thermokupllar ve şekil 3.9.'da oda tavanında yerleştirildikleri noktalar görölmektedir. Kapı üştü noktası dışında şemada belirtilen noktalara thermokupllar yerleştirilerek ölçümler alınmıştır.



şekil 3.8. Oda tavanına yerleştirilen thermokupllar



şekil 3.9. Thermokupullar ve oda tavanındaki yerleşim düzenleri

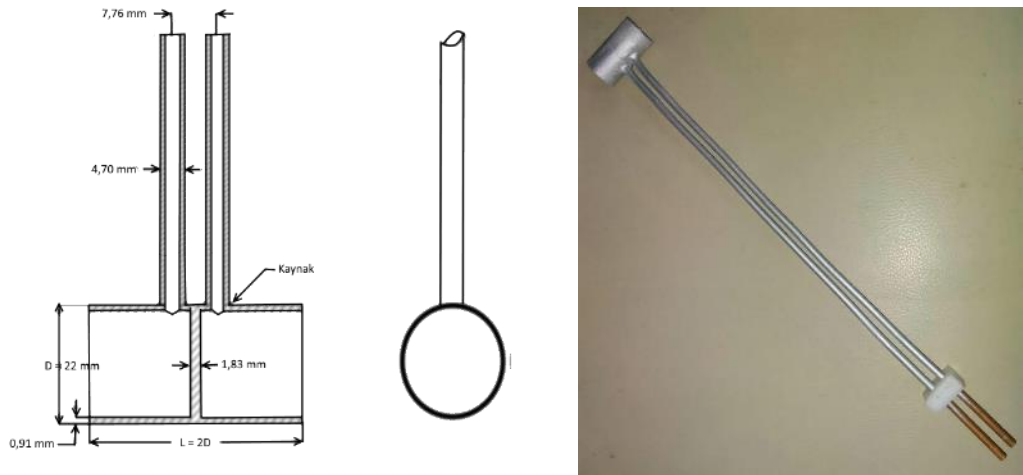
3.2.1.10. Fark basınç ölçer

Kanaldaki gaz akış hızını ölçmek için iki yönlü prob ve testo 510i marka ve model cihaz (Şekil 3.11.) kullanılmıştır. Testo 510i teknik özellikleri Tablo 3.2.'de verilmiştir.

Tablo 3.2. Testo 510i teknik özellikleri

Çalışma Sıcaklığı	Sensör	Ölçüm Aralığı	Doğruluk	Çözünürlük
-20 ... +50 °C dir	dahili – piezo dirençli	-150 ... +150 hPa	±0,05 hPa (0 ... +1 hPa) ±(0,2 hPa + 1,5 % ölç.değ.) (+1 ... +150 hPa)	0,01 hPa

İki yönlü probun ölçüleri ve fotoğrafı Şekil 3.10.'de verilmiştir. Prop bakır malzemeden üretilmiştir. Son olarak baca içerisinden akış hızını tespit etmek için baca içerisine prob yerleştirilmiştir. İki yönlü proba bağlanan basınç fark ölçer cihazından elde edilen fark basıncı değerleri daha sonra duman akış hızının hesabı için kullanılmıştır. İki yönlü prob ile fark basıncının ölçülmesinin amacı bacadan gelen isli dumanın basınç ölçerin girişlerini tıkamasının önlenmesidir. Şekil 3.3.'de fark basınç ölçer ve bacaya yerleşim düzeni görülmektedir.



Şekil 3.10. İki yönlü prob



Şekil 3.11. Testo 510i fark basınç ölçer

3.3. Dizel Yakıt İle Yangın Deneyi

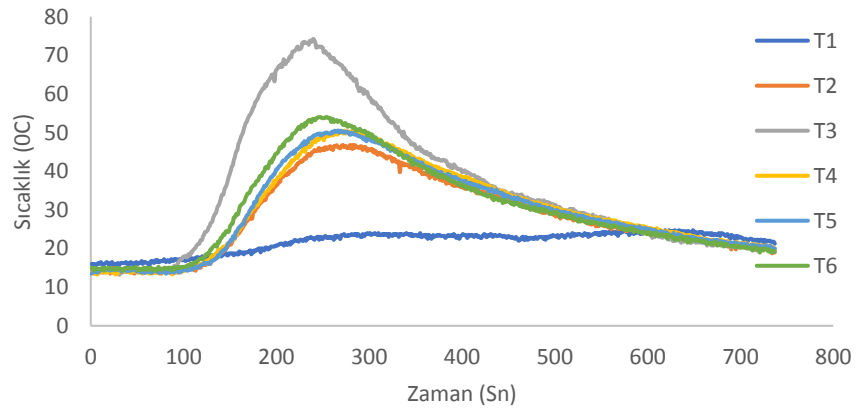
Thermokupllar için odanın tavanının köşelerine ve orta noktasına delikler açılmıştır. Sensörler gerekli konumlarına yerleştirildikten sonra ilk yangın deneyi yapılarak sistemin istenildiği gibi çalışıp çalışmadığı test edildi. Şekil 3.12.'da sensörlerin odaya montajı ve dizel yakıt ile deneme deneyi anında alınana görüntüler verilmiştir.



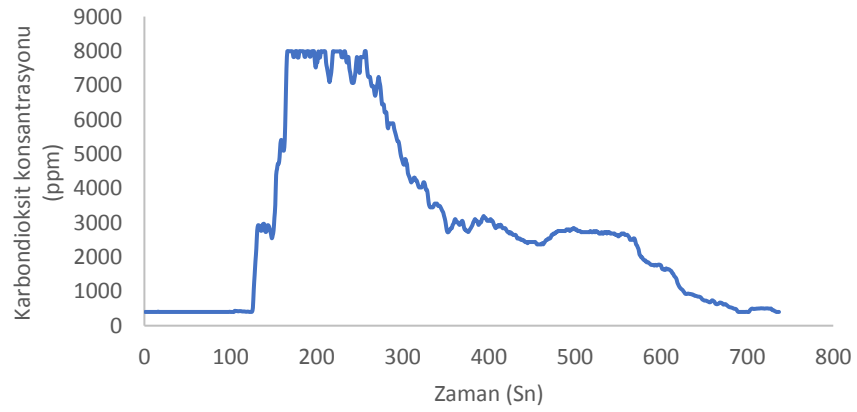
Şekil 3.12. Sensörlerin odaya montajı



Şekil 3.13. Dizel yakıt ile deneme

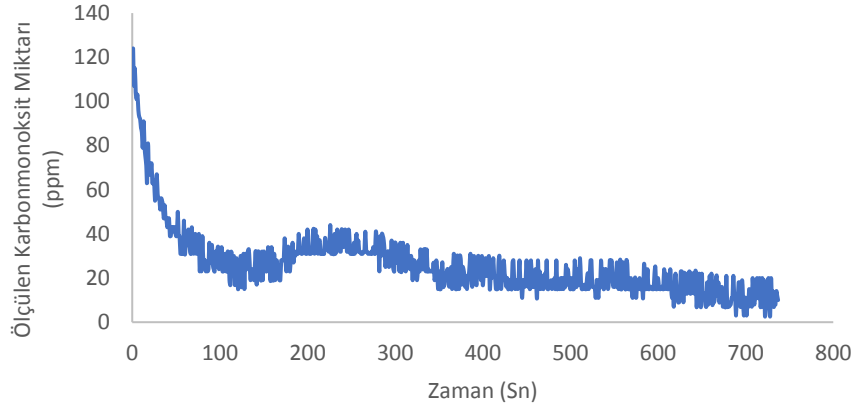


Şekil 3.14. Dizel yakıt deneme sıcaklık değerleri



Şekil 3.15. Dizel yakıt deneme karbondiyoksit konsantrasyonu

Deney sırasında karbondikoksit sensörü 8000 ppm üzerindeki verileri okumadığı için değiştirildi. Şekil 3.4.'deki 150000 ppm'e kadar ölçüm yapabilen sensörün alınmasına karar verildi.



Şekil 3.16. Dizel yakıt deneme karbonmonoksit konsantrasyonu

3.4. Deneyler

Büyük perakende tekstil mağazalarındaki yanıcı maddelerden kaynaklanan sıcaklık, flashover, sıçrama, ve HRR'yi incelemek için farklı dilimlerde yanma testleri yapılmıştır.

A1, A2, B1 ve B2 şeklinde etiketlenmiş dört farklı yangın senaryosunu değerlendirmek için test edildi. Duvar ünitesi olan askı demiri ve mağazalarda kullanılan bağımsız kollu demir elbise askısı kullanıldı. Deneylerde, farklı içeriklerde yapılmış tişört, plastik askı, çanta, elbise, pantolon, kot pantolon ve eşarp gibi ürünler yanıcı olarak kullanılmıştır. HRR'nin serbest yanma koşulu altında gerçekleştirilebilmesi için, ateşleme sadece bir ateşleyici ile manuel olarak alt kısımdan başlatılmıştır.

Yakıtın bitmesi ile sönmenin gerçekleşmesi anına kadar yanma izlenmiştir. Söndürme işlemi için otomatik söndürme sistemi kurulmamış veya manuel müdahale gerçekleştirilmemiştir.

Giyim mağazalarında dizilim ve yangın yükü yoğunluğunun etkisinin analizi ve mesafelere bağlı olarak yangının yürüme sürelerinin tespiti için iki farklı dizilime karar verilmiştir. Tablo 3.3.'de deney tanımlamaları yapılmıştır.

Tablo 3.3. Deney tanımlamaları

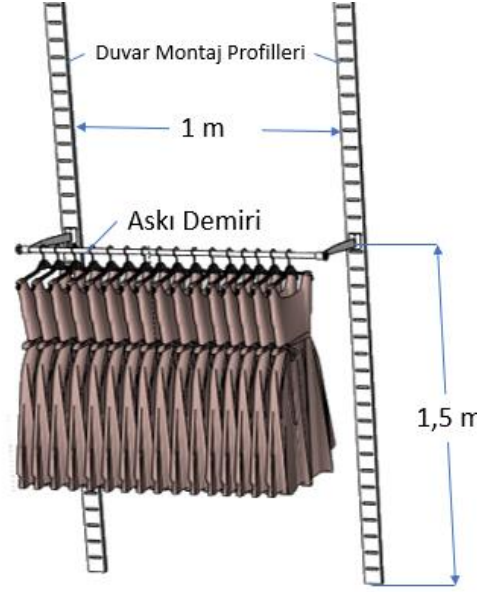
Test Kodu	Tanımı	Deney Tarihi	Toplam Kütle (kg)
A1	Tek Sıra Askılık Deneyi (1 m Askı demiri)	27.07.2019	20
B1	Düz Sıra Ve Dairesel Dizilim Yangın Atlaması Deneyi (Aralarındaki mesafe 50 cm)	28.07.2019	40
B2	Düz Sıra Ve Dairesel Dizilim Yangın Atlaması Deneyi (Aralarındaki mesafe 60 cm)	03.09.2019	40
A2	Tek Sıra Askılık Deneyi (1,2 m Askı demiri)	20.07.2019	20

3.4.1. A1 tek sıra askılık deneyi 27.07.2019

A1 deneyinde 1 m genişliğinde 1,5 m yüksekliğinde duvar ünitesini smüle edecek şekilde raf yerleşimi yapıldı. Raf odanın en arka kısmına yerleştirildi. Askıda bir adet demir askı vardı. Rafa 20 kg ürün asıldı. Elbiselerin düzeni Şekil 3.17.'de verilmiştir. Ateşleme manuel olarak yapılmıştır. Söndürme sistemi kurulmamıştır. Yanmanın kendiliğinden sonlanması beklenmiş ve ölçümler alınmıştır.

Bu deneyde aşağıdaki verilere ulaşılması hedeflenmiştir;

- Test odasındaki yangının büyümesinin boyutu
- Numune tarafından ısı yayılma oranı
- Numune tarafından salınan toplam ısı
- Test odasında flashover oluşma zamanı. (Meydana gelirse)
- Test odası kapısından alev çıkış zamanı. (Meydana gelirse).
- Test odasında üst seviye gaz sıcaklığının beş noktadan alınması
- Egzoz kanalında gaz sıcaklığı
- Egzoz kanalında karbon monoksit miktarı
- Egzoz kanalında karbondioksit miktarı ve buna bağlı olarak oksijen miktarının belirlenmesi



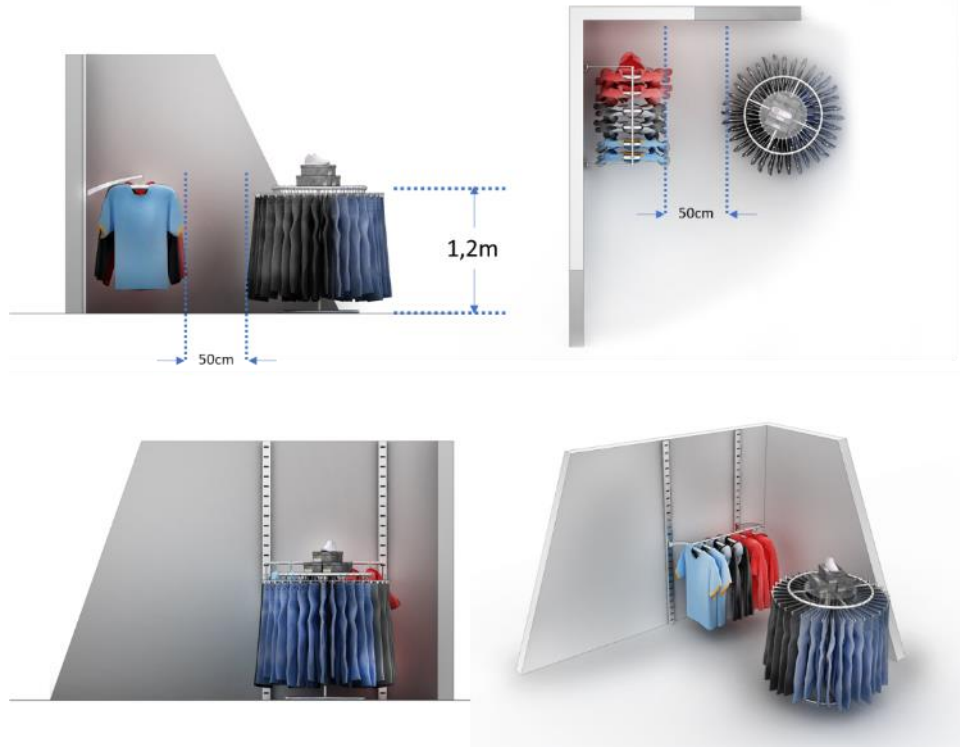
Şekil 3.17. Ürün Askı Düzeni

3.4.2. B1 düz sıra ve dairesel dizimli yangın atlaması deneyi 28.07.2019

B1 deneyinde yüksekliği 1,2 m genişliği 1 m olan duvar ünitesi ve maksimum yüksekliği 1 m olan 4 metal kollu askılık kullanılmıştır. Duvar ünitesine 20 kg ve seyyar askılığa 20 kg olmak üzere 40 kg ürün yüklenmiştir. Ünitelerin arasındaki mesafe 50 cm olacak şekilde düzenleme yapılmıştır. Elbiselerin düzeni Şekil 3.18. ve Şekil 3.19.'de verilmiştir. Ateşleme manuel olarak yapılmıştır.

Bu deneyde aşağıdaki verilere ulaşılması hedeflenmiştir;

- Test odasındaki yangın büyümesinin boyutu
- Numune tarafından ısı yayılma oranı
- Numune tarafından salınan toplam ısı
- Test odasında flashover oluşma zamanı. (Meydana gelirse)
- Test odası kapısından alev çıkış süresi (Meydana gelirse).
- Ürün üniteleri arasında alev sıçramasının gözlemlenmesi
- Test odasında üst seviye gaz sıcaklığının beş noktadan alınması
- Egzoz kanalında gaz sıcaklığı
- Egzoz kanalında karbon monoksit miktarı
- Egzoz kanalında karbondioksit miktarı ve buna bağlı olarak oksijen miktarının belirlenmesi



Şekil 3.18. Ürün askı ölçüleri



Şekil 3.19. B1 Düz sıra ve dairesel dizilimi yangın atlaması deneyi ürün askı düzeni

3.4.3. B2 düz sıra ve dairesel dizilimli yangın atlaması deneyi 03.09.2019

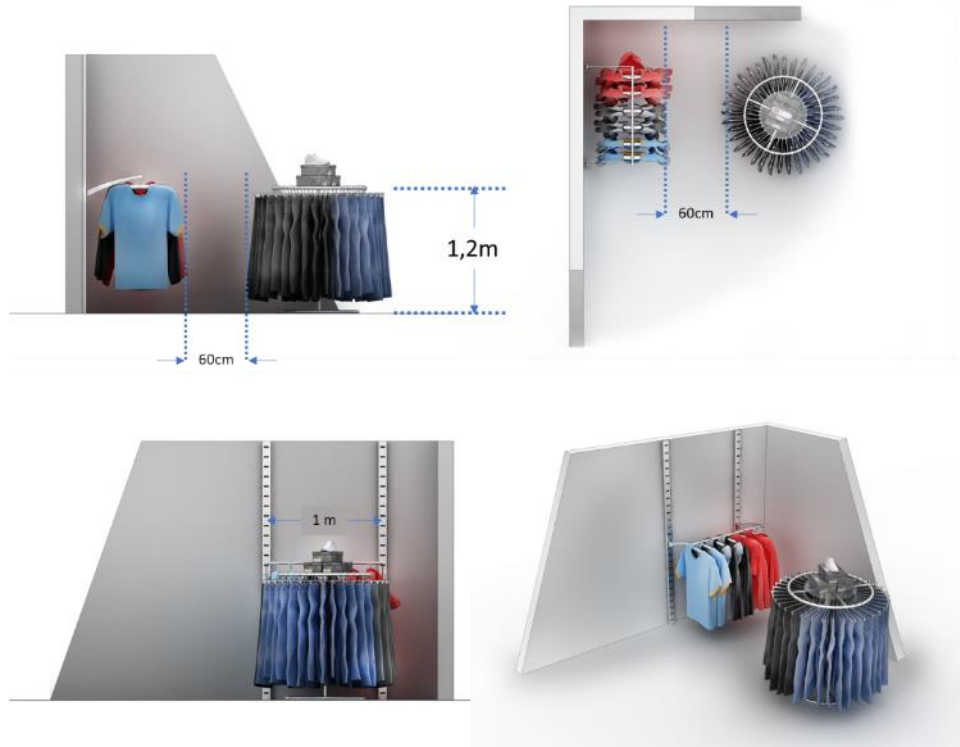
Ünitelerin arasındaki uzaklık haricinde B1 deneyi ile aynıydı. B2 deneyinde yüksekliği 1.2m genişliği 1 m alan duvar ünitesi ve maksimum yüksekliği 1.2 metre olan 4 metal kollu askılık kullanılmıştır. Duvar ünitesine 20 kg ve seyyar askılığa 20 kg olmak üzere 40 kg ürün yüklenmiştir. Ünitelerin arasındaki mesafe 60 cm olacak şekilde düzenleme yapılmıştır. Elbiselerin düzeni Şekil 3.20. ve Şekil 3.21.'de verilmiştir. Ateşleme manuel olarak yapılmıştır.

Bu deneyde aşağıdaki verilere ulaşılması hedeflenmiştir;

- Test odasındaki yangın büyümesinin boyutu
- Numune tarafından ısı yayılma oranı
- Numune tarafından salınan toplam ısı
- Test odasında flashover oluşma zamanı. (Meydana gelirse)
- Test odası kapısından alev çıkış süresi (Meydana gelirse).
- Ürün öbekleri arasında alev sıçramasının gözlemlenmesi
- Test odasında üst seviye gaz sıcaklığının beş noktadan alınması
- Egzoz kanalında gaz sıcaklığı
- Egzoz kanalında karbon monoksit miktarı
- Egzoz kanalında karbondioksit miktarı ve buna bağlı olarak oksijen miktarının belirlenmesi



şekil 3.20. B2 Düz sıra ve dairesel dizilimi yangın atlaması deneyi ürün askı düzeni



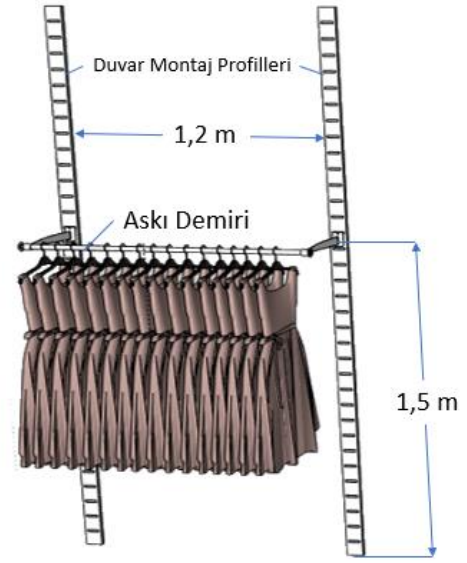
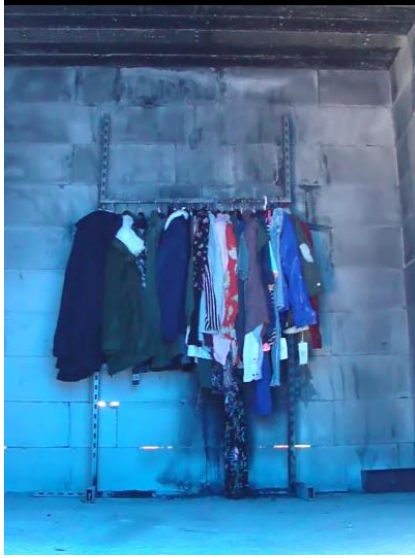
Şekil 3.21. Ürün Askı Ölçüleri

3.4.4. A2 tek sıra askılık deneyi 20.07.2019

A2 deneyinde 1,2 m genişliğinde 1,5 m yüksekliğinde duvar ünitesini simüle edecek şekilde raf yerleşimi yapıldı. Raf odanın en arka kısmına yerleştirildi. Askıda bir adet askı demiri vardı. Rafa 20 kg ürün asıldı. Elbiselerin düzeni Şekil 3.22.'de verilmiştir. Ateşleme manuel olarak yapılmış, söndürme sistemi kurulmamıştır. Yanmanın kendiliğinden sonlanması beklenmiş ve ölçümler alınmıştır.

Bu deneyde aşağıdaki verilere ulaşılması hedeflenmiştir;

- Test odasındaki yangın büyümesinin boyutu
- Test odasında flashover oluşma zamanı. (Meydana gelirse)
- Test odası kapısından alev çıkış süresi (Meydana gelirse).
- Test odasında üst seviye gaz sıcaklığının beş noktadan alınması
- Egzoz kanalında gaz sıcaklığı
- Egzoz kanalında karbon monoksit miktarı
- Egzoz kanalında karbondioksit miktarı ve buna bağlı olarak oksijen miktarının belirlenmesi

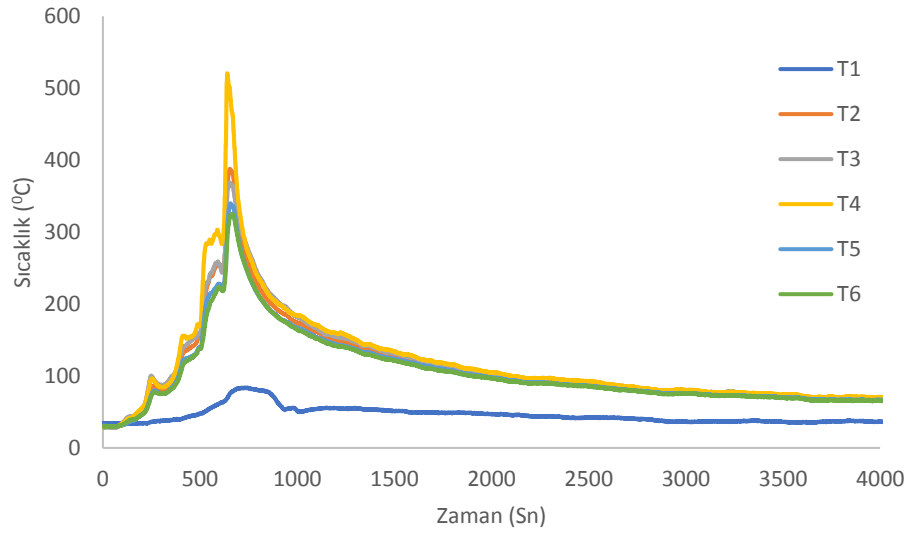


Şekil 3.22. Ürün askı düzeni

BÖLÜM 4. ARAŞTIRMA BULGULARI

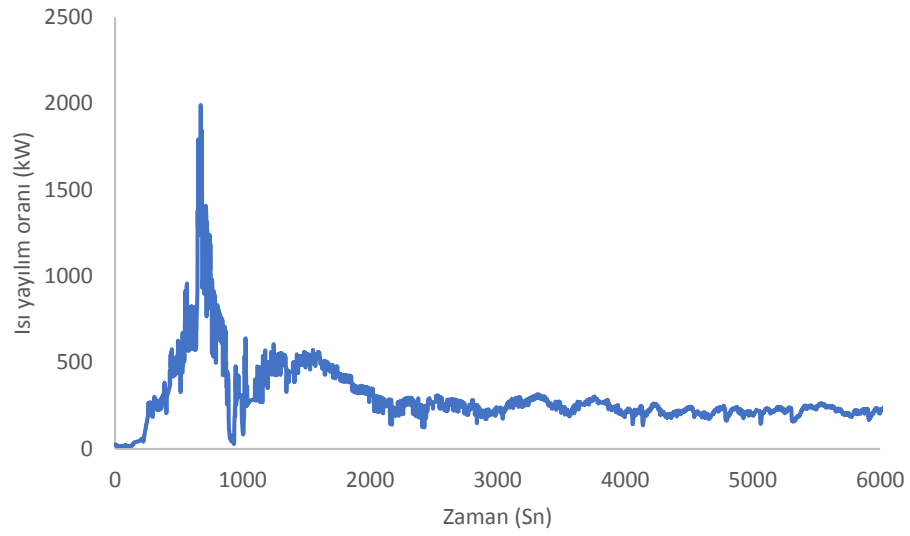
4.1. A1 Tek Sıra Askılık Deneyi 27.07.2019

Sıcaklıklar odanın tavanında ve bacada ölçüldü. Deney A1 için ölçülen maksimum sıcaklık 640. saniyede sırasıyla T1:69.5⁰C, T2:360.5 ⁰C, T3:352,75 ⁰C, T4:520.75 ⁰C, T5:303.75 ⁰C, T6:289.5 ⁰C şeklinde ölçülmüştür. Bacadaki en yüksek sıcaklık 584. saniyede (T1) 83,75 ⁰C ölçülmüştür.

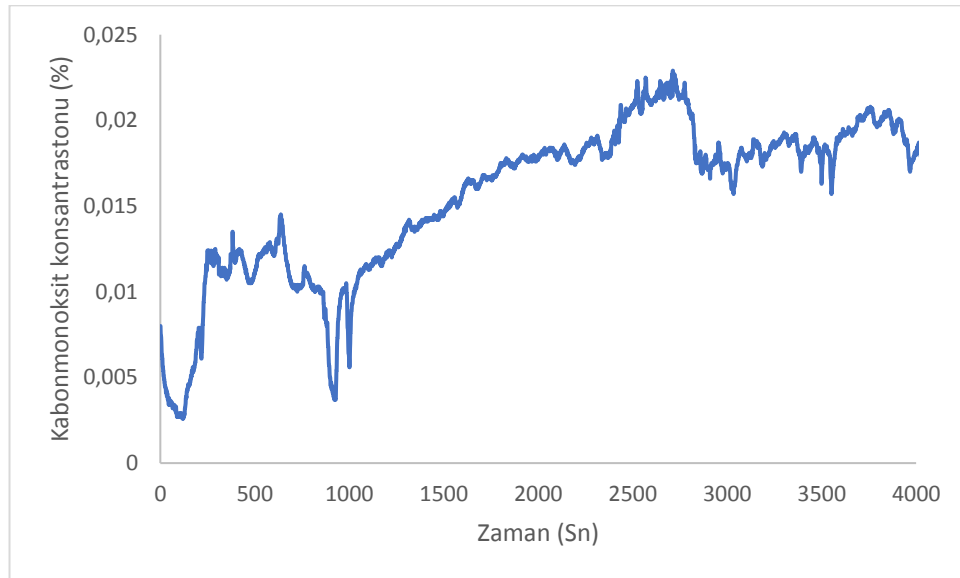


Şekil 4.1. Deney A1 sıcaklık değerleri

Zaman bağılı ortam sıcaklığı verileri Şekil 4.1.'de gösterilmiştir. HRR ve Oksijen tüketim verileri sırası ile Şekil 4.2. ve Şekil 4.5.'de gösterilmiştir. Deney A1 için ölçülen maksimum ısı yayılım oranı 673. Saniyede (11,2 dakika) 1991 kW olarak ölçülmüştür. 2,7 dakika sonra 840. saniyede (14. dakika) 613,1 kW'a düşmüştür.

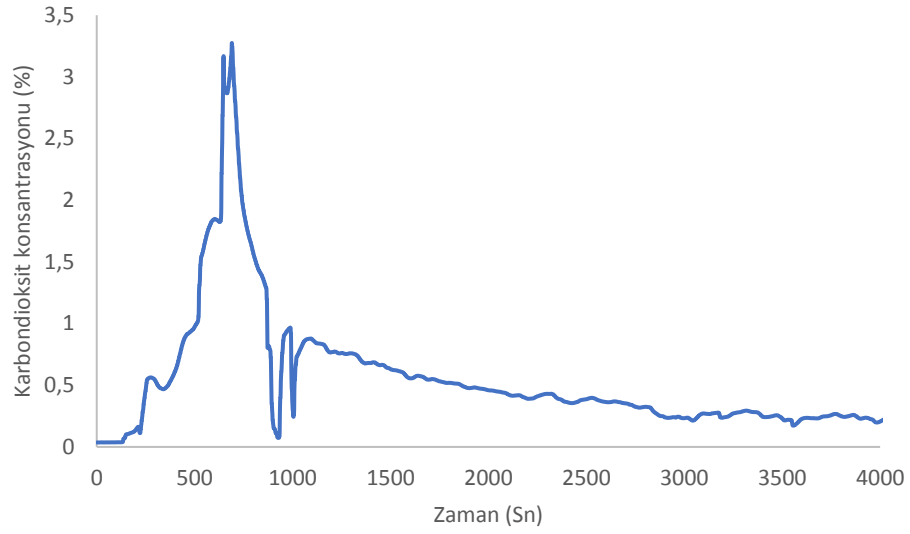


Şekil 4.2. Deney A1 HRR Isı yayılım oranı



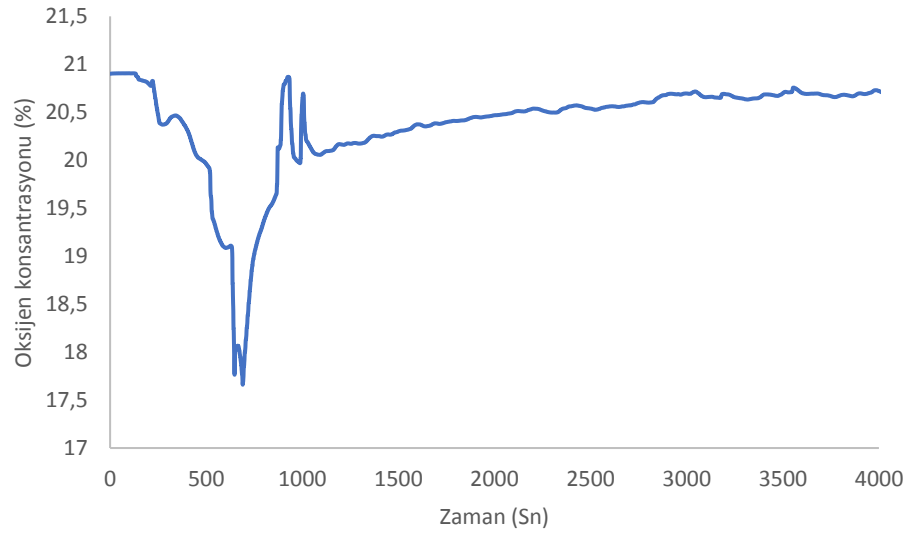
Şekil 4.3. Deney A1 karbonmonoksit konsantrasyonu

Zamana bağlı karbonmonoksit konsantrasyonu maksimum 0,0229% ölçülmüş Şekil 4.3.'de gösterilmektedir.



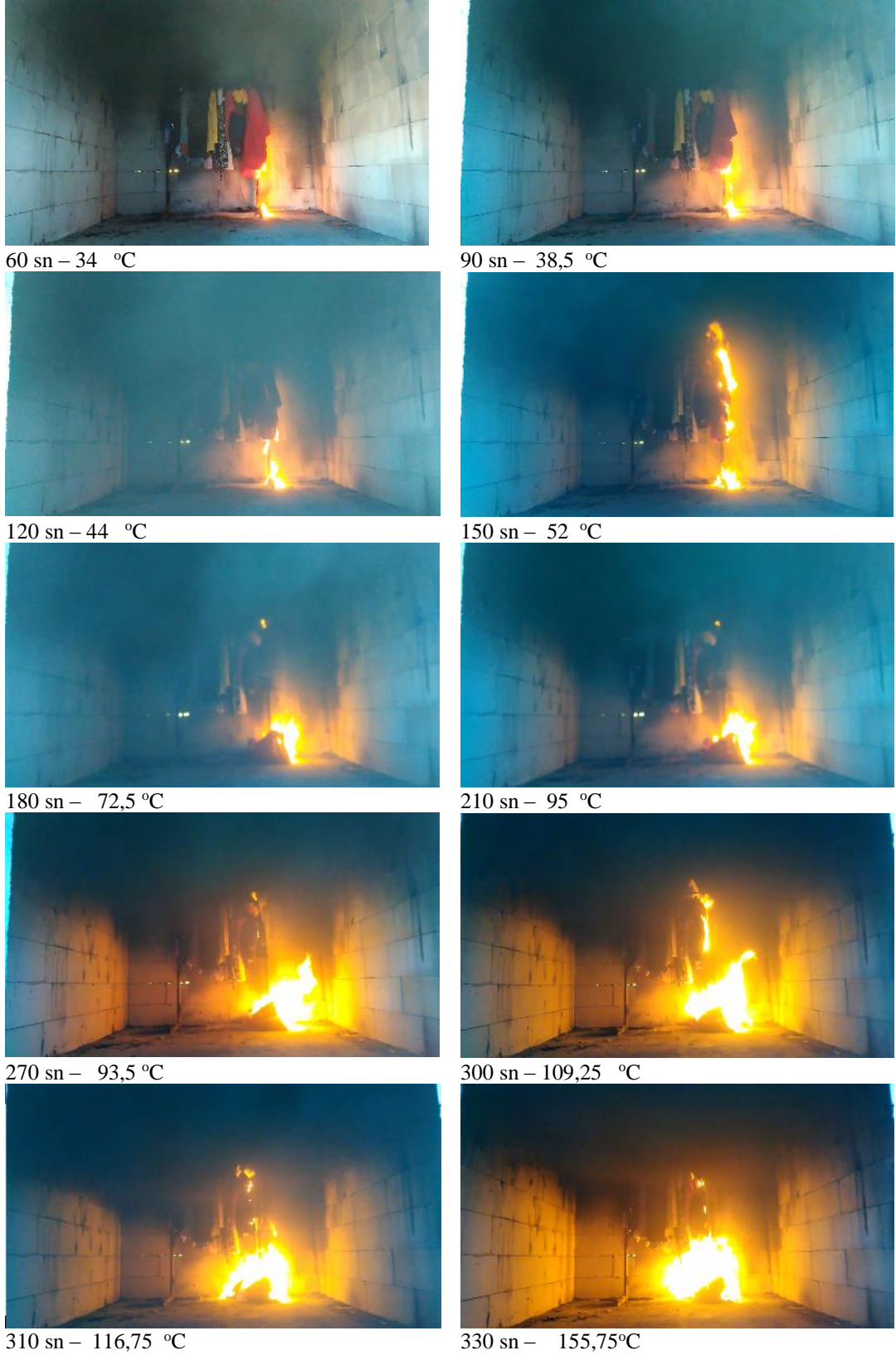
Şekil 4.4. Deney A1 karbondiyoksit konsantrasyonu

Zamana bağlı karbondiyoksit konsantrasyonu maksimum 3,27% ölçülmüş Şekil 4.4.'de gösterilmektedir.



Şekil 4.5. Deney A1 ölçülen oksijen konsantrasyonu

Zamana bağlı oksijen konsantrasyonu minimum 17,66% hesaplanmış Şekil 4.5.'de gösterilmektedir.



Şekil 4.6. Deney A1'in ilerlemesini gösteren fotoğraflar



360 sn – 354,25 °C



390 sn – 170 °C



400 sn – 170,5 °C



410 sn – 232,25 °C



440 sn – 288,75 °C



470 sn – 303,25 °C



490 sn – 283,75 °C



510 sn – 520,75 °C

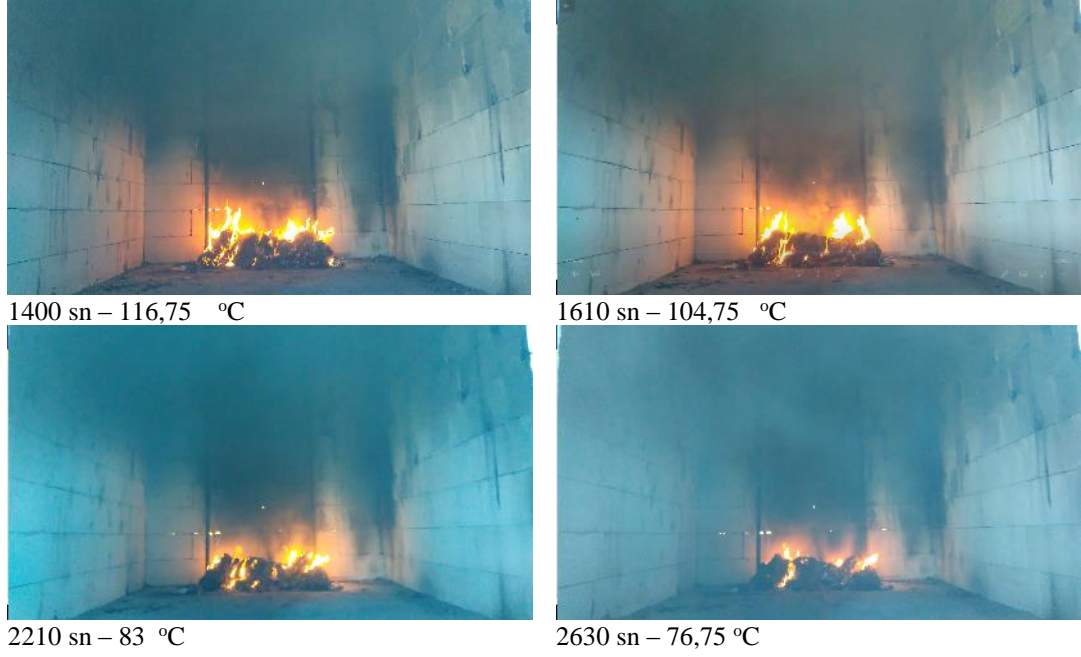


740 sn – 198 °C



800 sn – 183,5 °C

Şekil 4.6. (Devamı)



Şekil 4.6. (Devamı)

Şekil 4.6. (Devamı)

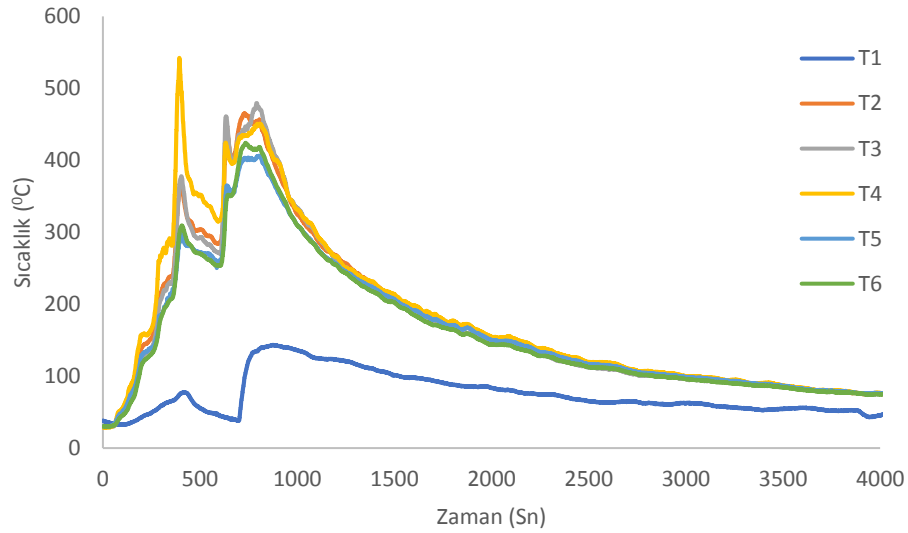
.’da kapı açıklığından yangına bakan kamera ile çekilmiş zamana bağlı bir dizi fotoğraf verilmiştir. 0. saniyede görüş yönünde askının sağ tarafından ateşleme yapıldı. 150. saniyede alev askı demirine kadar ulaştığı görülmüştür. 180. saniyede ısının etkisi ile plastik askı eriyerek yanan ürün yere düşmüştür. 300. saniyede askıda kalan ürünler tekrar alev almıştır. 400. saniyede alev dili askı orta kısmından tavana ulaştığı görülmüştür. 490. saniyede askıda kalan tüm ürünleri alev kapladığı görülmüştür. Yanmamış gazların içine bir miktar alevin yürüdüğü gözlenmiştir. Sıcaklığın etkisi ile plastik askılar eriyerek kalan tüm ürünler yere düştüğü görülmüştür. 510. saniyede sıcaklık 520 °C’ye ulaştığı görülmüştür. 640. saniyede 520,75 °C’ye ulaşarak pik yaptığı görülmüştür. 740. saniyede sıcaklık 198 °C’ye düşerek yanma sönme evresine geçtiği görülmüştür.

Dumanın seyri 60. saniyede 150 ila 170 cm yüksekliğe kadar indiği görülmüş, ancak bu yüksekliklere kadar görüş net olduğu görülmüştür. Görece olarak sıcaklığın ve ışık etkisinin düşük olduğu sol kısımda duman yüksekliği farkı 24 cm düzeyinde gerçekleştiği görülmüştür. 120. saniyede görüntü puslu hale geldiği ve ürünlerin rengi seçilemediği görülmüştür. 270. saniyede sol kısımdan koyu siyah duman seviyesi 80 cm ve kapı açıklığı tarafından 110 cm seviyelerine kadar düştüğü görülmüştür. 310. saniyede sol kısımda koyu siyah duman 76 cm seviyesine, kapı açıklığında ise 95 cm

seviyelerine düştüğü görülmüştür. Dumanın asılı olan elbiselerin üst kısımlarını tamamen örttüğü görülmüştür.

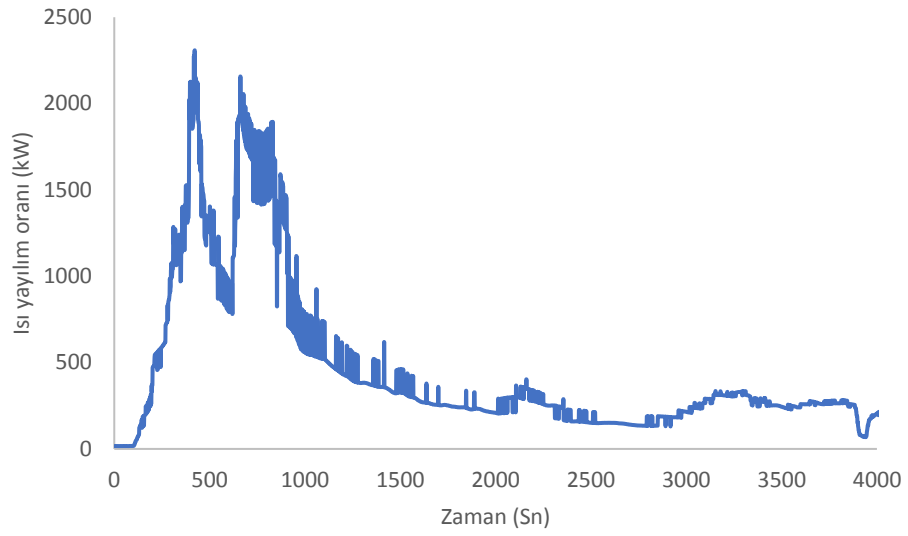
4.2. B1 Düz Sıra ve Dairesel Dizimli Yangın Atlaması Deneyi 28.07.2019

Sıcaklıklar odanın tavanında ve bacada ölçüldü. Deney B1 için ölçülen maksimum sıcaklık 394. saniyede sırasıyla T1:74,25 °C, T2:360,25 °C, T3:365,75 °C, T4:542,25 °C, T5:284,5 °C, T6:295,5 °C şeklinde ölçülmüştür. Bacadaki en yüksek sıcaklık 876. saniyede (T1) 143,5 °C ölçülmüştür.

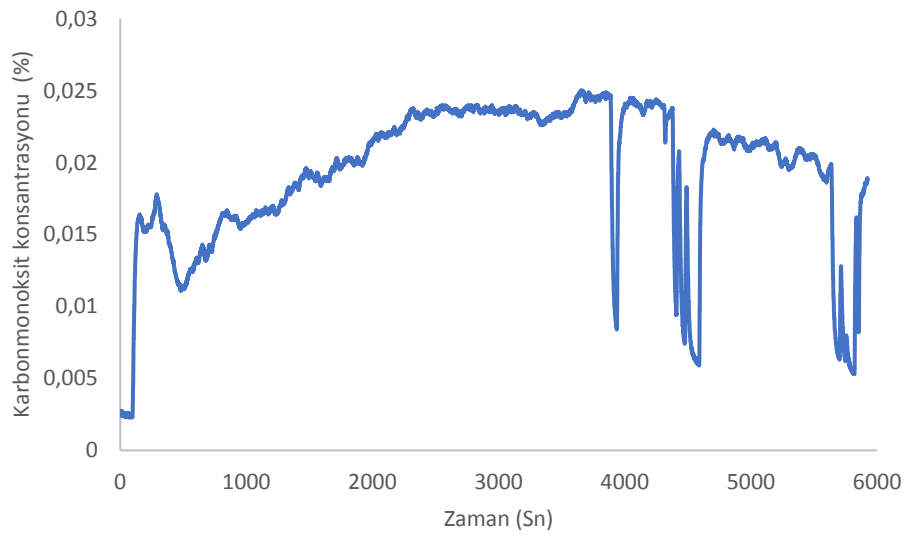


Şekil 4.7. Deney B1 sıcaklık değerleri

Zamana bağlı ortam sıcaklığı verileri Şekil 4.7.'de gösterilmiştir. Zamana bağlı HRR ve Oksijen tüketim verileri sırası ile Şekil 4.8. ve Şekil 4.11.'de gösterilmiştir. B1 için ölçülen maksimum ısı yayılım oranı 422. Saniyede (7 dakika) 2308 kW olarak ölçülmüştür 3,28 dakika sonra 619. saniyede (10,3. dakika) 781 kW'a düşmüştür. 661. saniyede ise tekrar pik yaparak 2156 kW olmuştur.

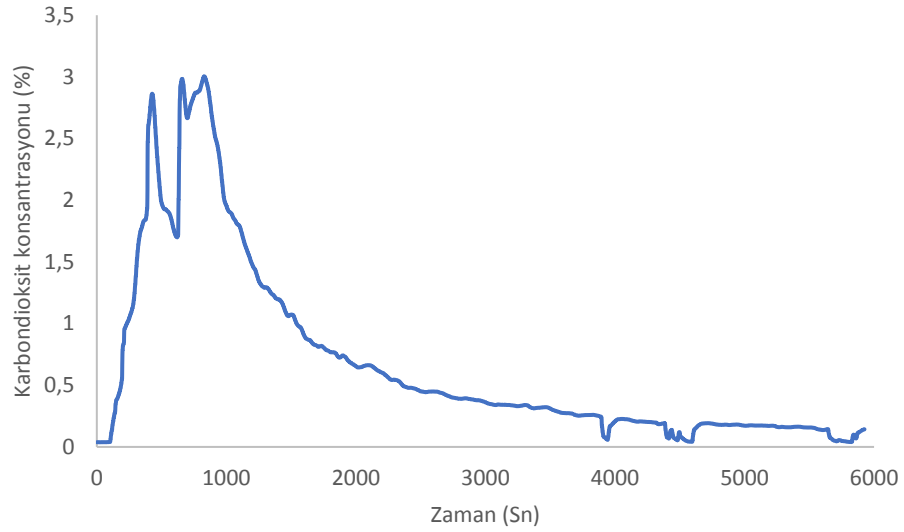


Şekil 4.8. Deney B1 HRR Isı yayılım oranı



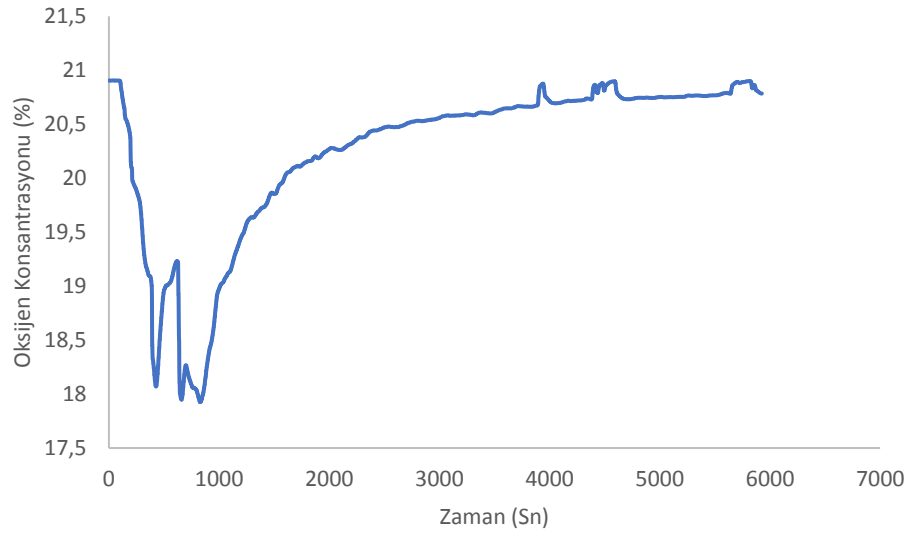
Şekil 4.9. Deney B1 karbonmonoksit konsantrasyonu

Zamana bağlı karbonmonoksit konsantrasyonu maksimum 0,025% ölçülmüş Şekil 4.9.'de gösterilmektedir.



Şekil 4.10. Deney B1 karbondioksit konsantrasyonu

Zamana bağlı karbondioksit konsantrasyonu maksimum 3,004% ölçülmüş Şekil 4.10.'de gösterilmektedir.



Şekil 4.11. Deney B1 hesaplanan oksijen konsantrasyonu

Zamana bağlı oksijen konsantrasyonu minimum 17,92% hesaplanmıştır Şekil 4.11.'de gösterilmektedir.

Şekil 4.12.'de kapı açıklığından yangına bakan kamera ile çekilmiş zamana bağlı bir dizi fotoğraf verilmiştir. 0. saniyede sol duvarda bulunan duvar ünitesinin sağ tarafından ateşleme yapıldı. 15. saniyede ısının etkisi ile alevlenen ürün askıdan

kurtularak yere düştüğü görülmüştür. 120. saniyede askıda kalan ürünlere ulaştığı görülmüştür. 210. saniyede askı demirini de aşarak tavana ulaştığı görülmüştür. 330. saniyede yanmamış piroliz gazları belirginleştiği görülmüştür. 390. saniyede duvar ünitesindeki tüm ürünlere alev kapladığı görülmüştür. 420. saniyede sıcaklığın etkisi ile kollu askı ünitesinde bulunan bazı ürünler yere düştüğü görülmüştür. 450. saniyede yere düşen ürünlerde ve kollu askı ünitesinde asılı ürünlerin üzerinde piroliz gazlarının oluşumu çok belirgin hale geldiği görülmüştür. 493. saniyede alev sıçraması gerçekteştiği görülmüştür. Bundan 14 saniye sonra 510. saniyede alev askıda asılı ürünlere doğru yürüdüğü görülmüştür. 30 saniye sonra 540. saniyede alev kollu askının alev tarafında bulunan ürünlere sardığı görülmüştür. 30 saniye sonra kollu askıda bulunan tüm ürünler alev alarak yere düştüğü görülmüştür. Sıçramadan toplamda 77 saniye sonra tüm yığın alev almış olduğu tespit edilmiştir.

Duman 15. saniyede 170 cm seviyesine kadar indiği ve duman renginin gri olduğu görülmüştür. Görüntü net olduğu görülmüştür. Görüntünün 60. saniyede hafif bulanıklık olduğu görülmüştür. 120 saniyede alevin güçlenmesi ile görüntünün tekrar netleştiği görülmüştür. 300. saniyede duman 110 cm seviyesine indiği görülmüştür. 490. saniyede sıçrama öncesi piroliz gazlarının çok belirgin olduğu görülmüştür. Duman seviyesi 75 cm seviyelerinde olduğu görülmüştür. 510. saniyede sıçrama sonrası yoğun siyah duman altında bulunan gri dumanın kaybolduğu görülmüştür. Duman seviyesi 540. saniyede 60 cm seviyelerine indiği görülmüştür. 600. saniyede siyah duman yoğunluğunun arttığı görülmüştür.



15 sn – 38 °C



30 - 35,25 °C



60 - 34,25 °C



90 - 51,5 °C



120 – 67,25 °C



150 – 91,25 °C



180 – 135,75 °C



210 – 158,75 °C



240 - 160,5 °C



270 – 194,25 °C

Şekil 4.12. Deney B1'in ilerlemesini gösteren fotoğraflar



300 - 265,25 °C



330 - 284,75 °C



360 - 283,25 °C



390 - 519,25 °C



420 - 422,5 °C



450 - 370,75 °C



480 - 354,25 °C



490 - 350 °C



493 - 350,25 °C



494 - 350 °C

Şekil 4.12. (Devamı)



495 - 350 °C



496 - 350 °C



510 - 350 °C



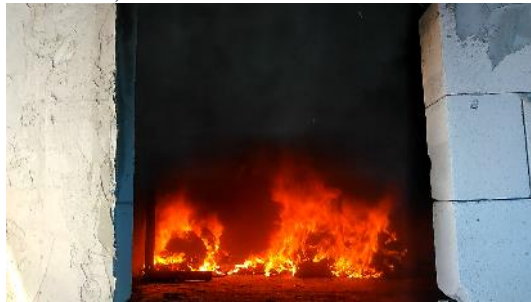
540 - 337 °C



570 - 325,75 °C



600 - 317 °C



630 - 455,5 °C



660 - 404,5 °C



1140 - 283,75 °C



1680 - 189 °C

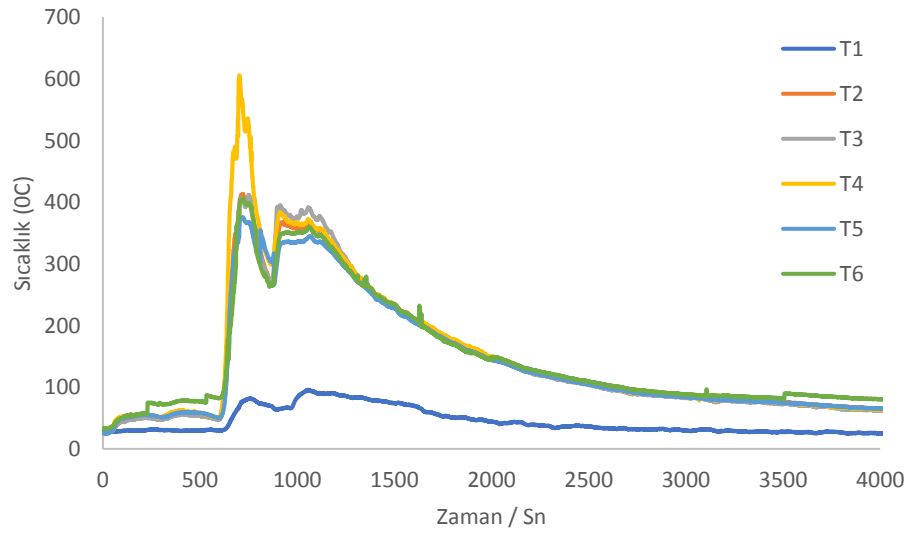
Şekil 4.12. (Devamı)



Şekil 4.12. (Devamı)

4.3. B2 Düz Sıra ve Dairesel Dizilim Yangın Atlaması Deneyi 03.09.2019

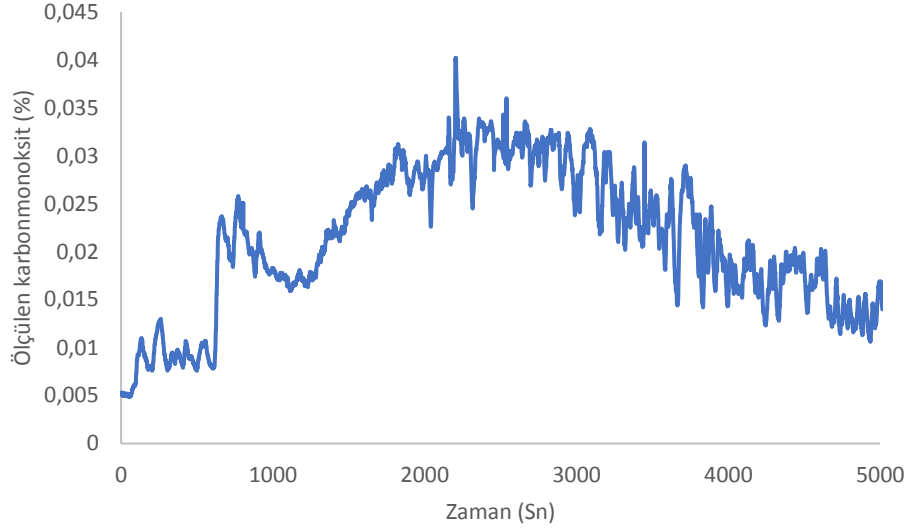
Sıcaklıklar odanın tavanında ve bacada ölçüldü. Deney B2 için ölçülen maksimum sıcaklık 702. saniyede sırasıyla T1:69,5 °C, T2:394,5 °C, T3:387,75 °C, T4:605,75 °C, T5:360,5 °C, T6:390,5 °C şeklinde ölçülmüştür. Bacadaki en yüksek sıcaklık 1054. saniyede (T1) 95,75 °C ölçülmüştür.



Şekil 4.13. Deney B2 sıcaklık değerleri

Zamana bağlı ortam sıcaklığı verileri Şekil 4.13.'de gösterilmiştir. Bu deneyde karbondioksit verisi alınmamıştır. Buna bağlı olarak HRR ve oksijen tüketim verileri hesaplanmamıştır.

Zamana bağı karbonmonoksit konsantrasyonu maksimum 0,0402% ölçülmüş Şekil 4.14.'de gösterilmektedir.

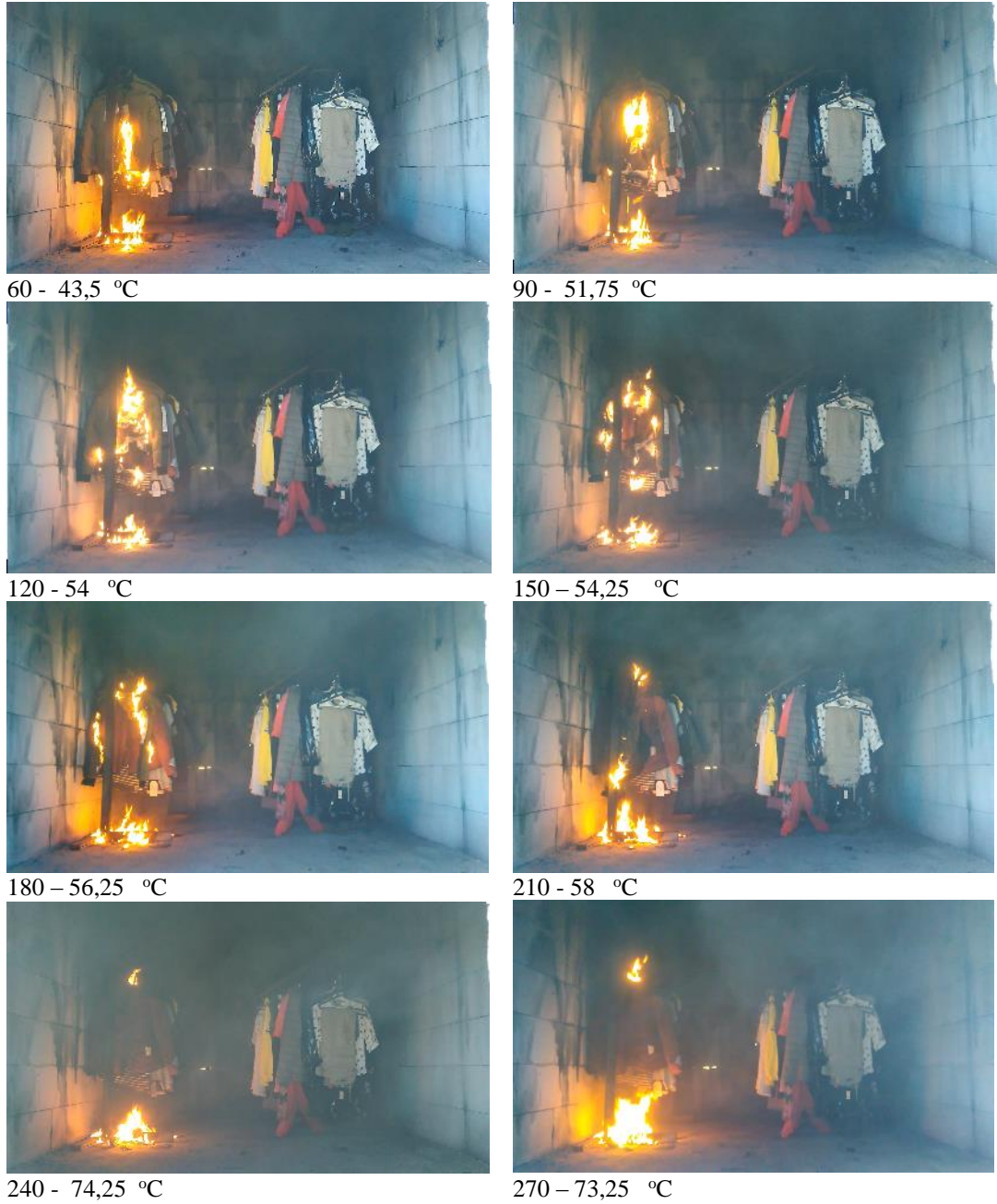


Şekil 4.14. Deney B2 karbonmonoksit konsantrasyonu

Şekil 4.15.'de kapı açıklığından yangına bakan kamera ile çekilmiş zamana bağı bir dizi fotoğraf verilmiştir. 0. saniyede sol duvarda bulunan duvar ünitesinin sağ tarafından ateşleme yapıldı. 120. saniyede alev askı demirine kadar ulaştığı görülmüştür. 270. saniyede yere dökülen ürün parçaları tam alevlendiği görülmüştür. 590. saniyede duvar ünitesinde askıdaki ürünler alev aldığı görülmüştür. 650. saniyede ısının etkisi ile ürünler yere düştüğü görülmüştür. 680. saniyede yere düşen ürünler tam alev aldı ve kollu askı ünitesinden bir ürün sıcaklığın etkisi ile yere düştüğü görülmüştür. 710. saniyede piroliz gazlarının görünür hale geldiği görülmüştür. 770. saniyede yere düşen ürünler üzerinde yoğun piroliz gazlarının belirginleştiği görülmüştür. 826. saniyede ilk alev sıçraması gerçekleştiği görülmüştür. 980. saniyede tüm ürünlerin daha öncede yere düştüğü görülmüştür. İkinci öbeği alevin sardığı görülmüştür. 1160. saniyede ürün öbeğinin tam yanmaya geçtiği görülmüştür. Sıçramadan 2,5 dakika sonra ürün öbeğini alevin sardığı, 5,5 dakikada tam yanma gerçekleştiği görülmüştür.

Duman 60. saniyede görüntü net ve 150 cm seviyesine indiği görülmüştür. 210. saniyede duman rengi gri ve duman seviyesinin 120 cm seviyelerine indiği görülmüştür. 270. Saniyede duman rengi gri ve duman seviyesinin 90 cm seviyesine

indiği görülmüştür. 300. saniyede duman rengi gri ve görüntü netliğinin kaybolduğu görülmüştür. 590. saniyede alevin duvar ünitesini sarması ve büyümesi ile birlikte görüntü netleştiği ve duman seviyesinin 120 cm seviyesine geldiği görülmüştür. 650. Saniyede kollu askı ünitesindeki ürünler üzerinden piroliz gazlarının çıktığı görülmüştür. 740. saniyede yoğun duman nedeni ile görüntü netliğinin kaybolduğu görülmüştür. 826. saniyede ilk sıçramanın gerçekleştiği ve kollu askı üzerindeki ürünler görülememiştir.



Şekil 4.15. Deney B2'nin ilerlemesini gösteren fotoğraflar



300 – 73,25 °C



330 - 73 °C



360 - 75 °C



390 - 77,75 °C



410 - 78,25 °C



470 – 77,25 °C



500 – 77,25 °C



530 – 75,25 °C



590 – 82,5 °C



620 - 92,25 °C

Şekil 4.15. (Devamı)



650 - 217 °C



680 - 490 °C



710 - 577,5 °C



740 - 531,25 °C



752 - 518,5 °C



770 - 440,25 °C



800 - 369,25 °C



826 - 337 °C



830 - 330,25 °C



860 - 305,75 °C

Şekil 4.15. (Devamı)



890 - 355,25 °C



920 - 366,25 °C



950 - 368,75 °C



980 - 374,5 °C



1010 - 375,75 °C



1040 - 381,75 °C



1070 - 386,5 °C



1100 - 371,5 °C



1130 - 370,75 °C



1160 - 353,25 °C

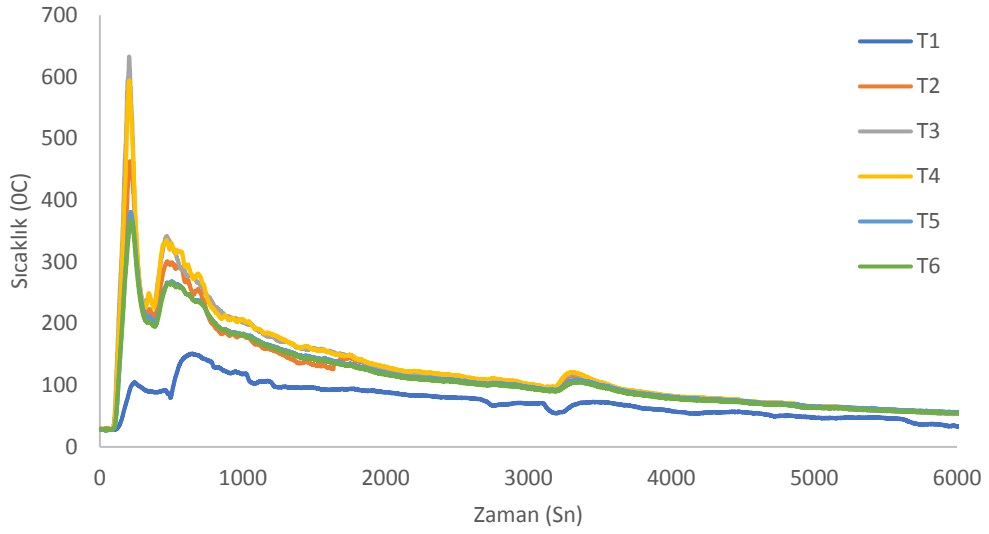
Şekil 4.15. (Devamı)



Şekil 4.15. (Devamı)

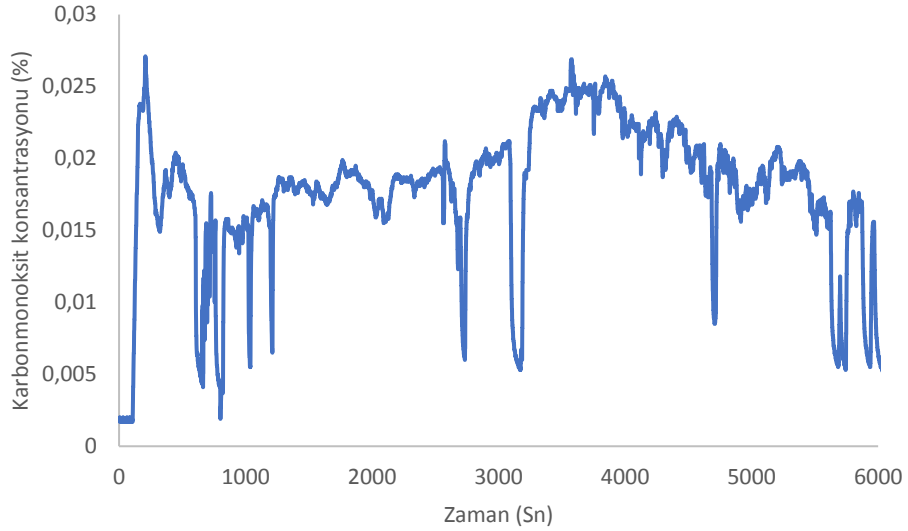
4.4. A2 Tek Sıra Askılık Deneyi 20.07.2019

Sıcaklıklar odanın tavanında ve bacada ölçüldü. Deney A2 için ölçülen maksimum sıcaklık 702. saniyede sırasıyla T1:89,25 °C, T2:453,25 °C, T3:630,25 °C, T4:594,25 °C, T5:368,5 °C, T6:352 °C şeklinde ölçülmüştür. Bacadaki en yüksek sıcaklık 640. saniyede (T1) 151,25 °C ölçülmüştür.



Şekil 4.16. Deney A2 sıcaklık değerleri

Zamana bağlı ortam sıcaklığı verileri Şekil 4.16.'de gösterilmiştir. Bu deneyde karbondioksit verisi 603. Saniyeye kadar alınabilmektedir. Bu nedenle HRR ve oksijen tüketim verileri hesaplanmamıştır.



Şekil 4.17. Deney A2 karbonmonoksit konsantrasyonu

Zamana bağlı karbonmonoksit değeri maksimum 0,0271% ölçülmüştür.

Şekil 4.18.'de kapı açıklığından yangına bakan kamera ile çekilmiş zamana bağlı bir dizi fotoğraf verilmiştir. 0. saniyede görüş yönünde askının sağ tarafın yakın olan uzun elbise ateşlendi. 60. saniyede alevler askı demirine ulaştığı görülmüştür. 120. saniyede

duvar ünitesindeki ürünlerin yarısının alev aldığı görülmüştür. Sıcaklığın 302 °C'ye ulaştığı görülmüştür. 150. saniyede alev yoğun bir şekilde tavana ulaştığı görülmüştür. Ürünlerin bir kısmı yere düştüğünde sıcaklık 547,75 °C ölçülmüştür. 180. saniyede ürünlerin bir kısmının daha yere düşmesi ile beraber alev boyunun kısaldığı görülmüştür. Buna bağlı olarak ölçülen sıcaklık bir miktarının düştüğü görülmüştür. 210. saniyede alev alan ürünlerin büyük bir kısmının yere düştüğü görülmüştür. Düşme sonrasında sıcaklıkta ciddi düşüş olduğu (302°C) görülmüştür. 330. saniyede tüm ürünlerin yere düştüğü görülmüştür. 390. saniyede ürün yığınının tamamının alevlendiği görülmüştür. 600. saniyeden sonra yanmanın sönme evresine girdiği görülmüştür.



60 - 29,25 °C



90 - 97,75 °C



120 - 302 °C



150 - 547,75 °C

Şekil 4.18. Deney A2'nin ilerlemesini gösteren fotoğraflar



180 - 525,5 °C



210 - 302 °C



240 - 236 °C



270 - 248,25 °C



300 - 229,75 °C



330 - 281,75 °C

Şekil 4.18. (Devamı)



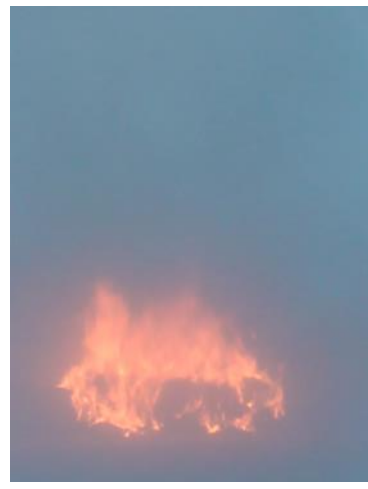
360 - 332,5 °C



390 - 332,75 °C



410 - 322 °C



440 - 316,25 °C

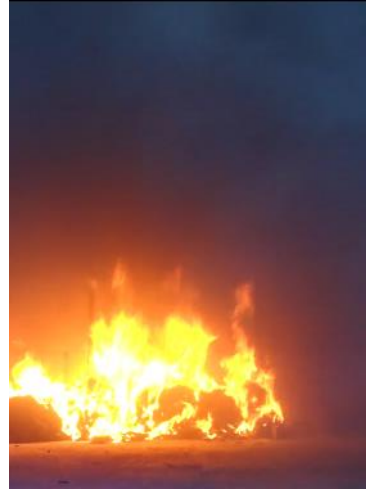


470 - 439,5 °C



500 - 494,25 °C

Şekil 4.18. (Devamı)



530 - 275,25 °C



560 - 275,75 °C



590 - 252,5 °C



610 - 245 °C

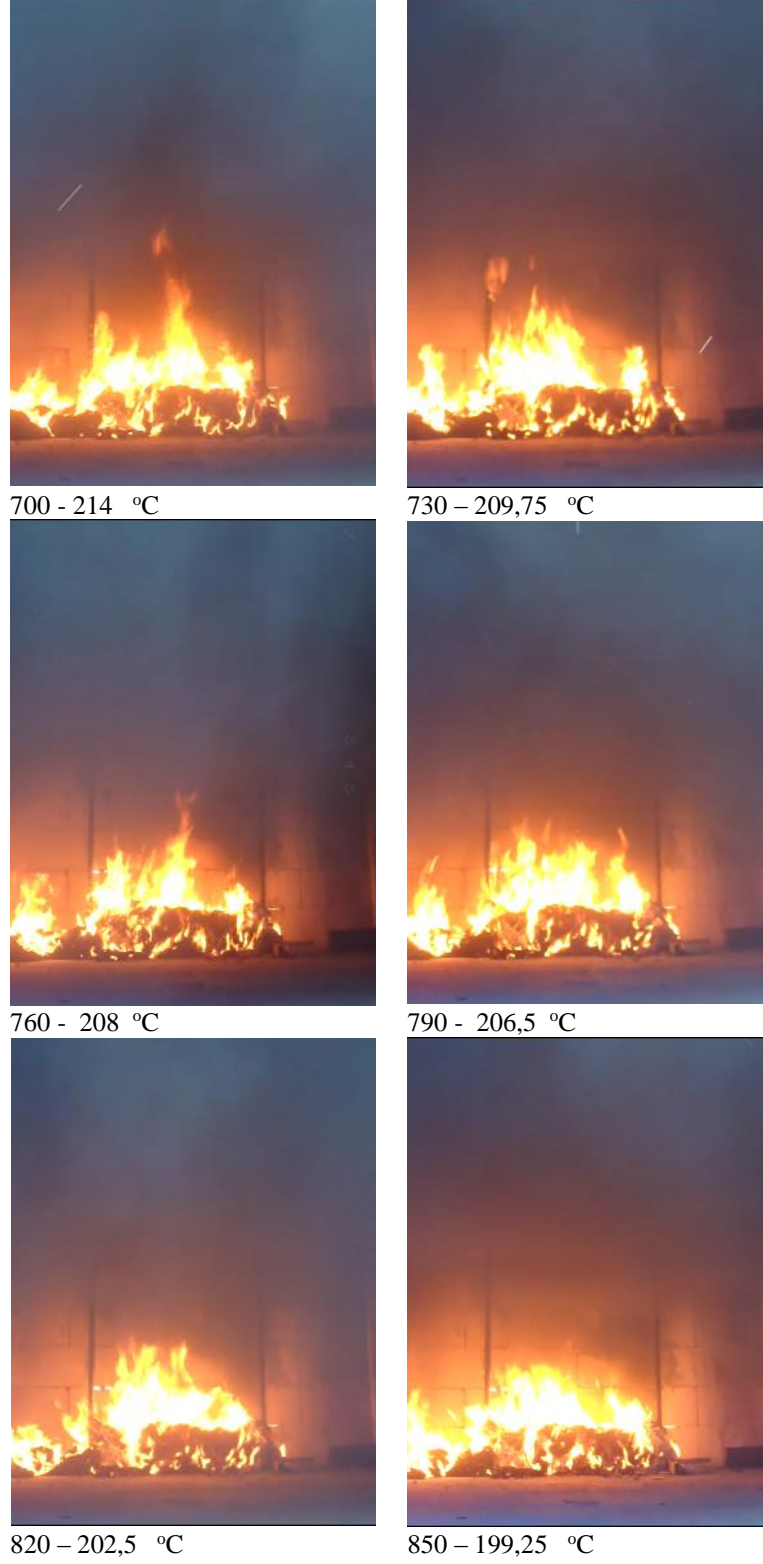


640 - 228,25 °C



670 - 221,25 °C

Şekil 4.18. (Devamı)



Şekil 4.18. (Devamı)



880 - 191 °C



910 - 185,5 °C



940 - 185 °C



970 - 181 °C

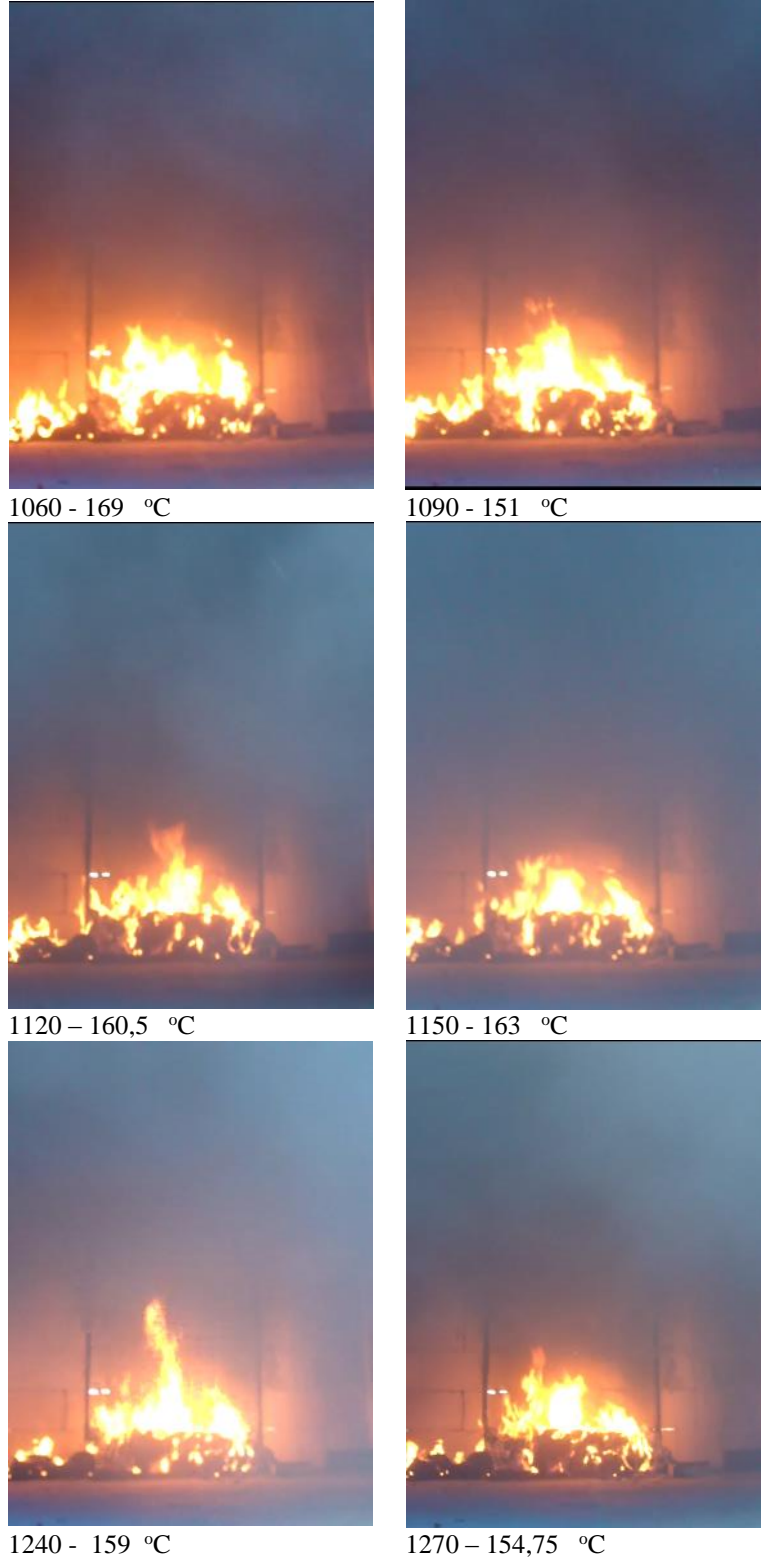


1000 - 177,25 °C



1030 - 173,50 °C

Şekil 4.18. (Devamı)



Şekil 4.18. (Devamı)



1360 - 149,5 °C



1800 - 123,25 °C



1950 - 119 °C



2100 - 107,5 °C



2250 - 110,25 °C



2400 - 109,25 °C

Şekil 4.18. (Devamı)



2550- 104,25 °C



2700- 97,5 °C



2850- 108,5 °C



3100- 104,75 °C



3250- 94 °C



3400- 89,25 °C

Şekil 4.18. (Devamı)



3550- 83,50 °C



3700- 81 °C

Şekil 4.18. (Devamı)

BÖLÜM 5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu tez, perakende tekstil mağazaları için tasarım yangınlarının karakterizasyonuna, tahliyesine ve ürün yerleşimine yönelik araştırma çalışmaları ile ilgilidir. Çalışma, globalde 30 ülkede 500 farklı lokasyonda faaliyet gösteren moda markasının ürün gurubunun tamamını ve yangın yüklerini temsil eden deney dizilimlerinin küçük ölçekli ön çalışmalarını içermektedir. Perakende giyim mağazalarını temsil etmek için en küçük birim olarak duvar ünitesi ve ayaklı kollu askı ünitesi örnek alındı. Deneylerde seçilen ürünler farklı ürün guruplarından örnekleme yapılarak, homojen yakıt paketleri elde edilmesi amaçlanmıştır.

Dört farklı dizilimde yapılan deneylerde sonuçlar elde edildi. Deney sonuçlarının bir özeti Tablo 5.1.'de gösterilmiştir. Isı yayılım oranı verileri Şekil 5.5.'de yapılan farklı çalışmalarda yapılan deneylerin verileri ile birlikte verilmiştir. Şekillerin kolay değerlendirilebilmesi için tüm eğriler deneyleri açıklayan kodlar ile etiketlenmiştir. "A1" toplamda 20 kg yanıcı ürün bulunan tek sıra askılık ürün duvar ünitesini temsil eden ikinci deneyi, "A2" toplamda 20 kg yanıcı ürün bulunan tek sıra askılık ürün duvar ünitesini temsil eden ilk deneyi, "B1" toplamda 40 kg yanıcı ürün bulunan düz sıra duvar ünitesi ve dairesel dizilimli ayaklı ürün ünitesi bulunan aralarındaki mesafenin 50 cm olduğu deneyi ve "B2" toplamda 40 kg yanıcı ürün bulunan düz sıra duvar ünitesi ve dairesel dizilimli ayaklı ürün ünitesi bulunan aralarındaki mesafenin 60 cm olduğu deneyi temsil ediyor.

Deneylerde 1 m askı demirinde 94 adet askı kullanıldı. Askılar ürün gurubuna göre farklılık göstermektedir. Buna bağlı olarak da gramaj farklılıkları vardır. Yetişkin gurubunda kullanılan askılar 95, 60 ve 35 gramdı. Çocuk ve bebek gurubunda ise 20, 30 ve 35 gramdı. Testlerde ağırlıkça %29 oranında askı bulunmaktaydı. Bu 20 kilo ürün için 5,8 kg askı anlamına geliyor. Plastik yanma ürünleri çok zehirli karbonmonoksit, hidroklorik asit, hidrojeniyanür ve azotoksitlerdir. Perakende tekstil

mağazalarında yapılacak tasarım yangını karakterizasyonunda ürün harici kullanılan ek malzemelerin karakterizasyonu ayrıca incelenmelidir. Bu ek yardımcı ürünlerinin yangına katkı vermeyecek ve duman bırakmayacak ürünler ile ikame edilmesi tartışılmalıdır.

Tablo 5.1. HRR, gaz konsantrasyonları ve sıcaklık verileri

Test Kodu	Tanımı	HRR Verileri		Pik Gaz Konsantrasyonları (%)			Maksimum Sıcaklıklar (°C)					
A1	Tek Sıra Askılık Deneyi	1991	672	0,0229	3,2753	17,66	83	387	369	520	340	325
B1	Düz Sıra Ve Dairesel Dizilim Yangın Atlaması Deneyi	2308	422	0,025	3,004	17,92	143	465	479	542	406	424
B2	Düz Sıra Ve Dairesel Dizilim Yangın Atlaması Deneyi	-	-	0,0402	3,2665	17,65	95	413	411	605	375	405
A2	Tek Sıra Askılık Deneyi	-	-	0,0271	4,083	17,663	151	463	633	594	380	366

Satış stratejileri nedeni ile müşterilere daha fazla ürün sergileyebilmek için, içeride geçirilecek süreyi artıracak mağaza konseptleri hazırlanmaktadır. Burada yapılan düzenlemeler tahliyeyi zorlaştırabilir. Test B1 ve B2 'de 50 ve 60 cm mesafelerde sıçrama süreleri gözlemlendi. Bu süreler Tablo 5.2.'de verilmiştir. Burada tespit edilen süreleri değerlendirirken alevin yere düşen ürünlerden ilerlediği ve zeminin daha soğuk olduğu dikkate alınmalıdır.

Tablo 5.2 Sıçrama süreleri

Tanım	B1	B2
İlk ünitenin tam alev alması süresi (dakika)	6	10,3
Alevin ilk sıçrama anından itibaren ikinci ünite tam alevlenme süresi (dakika)	2,23	3,43
İkinci ünite tam alevlenme süresi (dakika)	2,27	4,56

Tam alev almış üniteden diğer üniteye alevin sıçraması B1'de 2,33 dakika, B2'de ise 3,43 dakika sürdü. B1 ve B2'deki 10 cm farka bağlı olarak sıçrama 1,2 dakika (72 saniye) daha uzun oldu. Burada ulaşılan veriler ile Şekil 5.1. yangının yayılımı

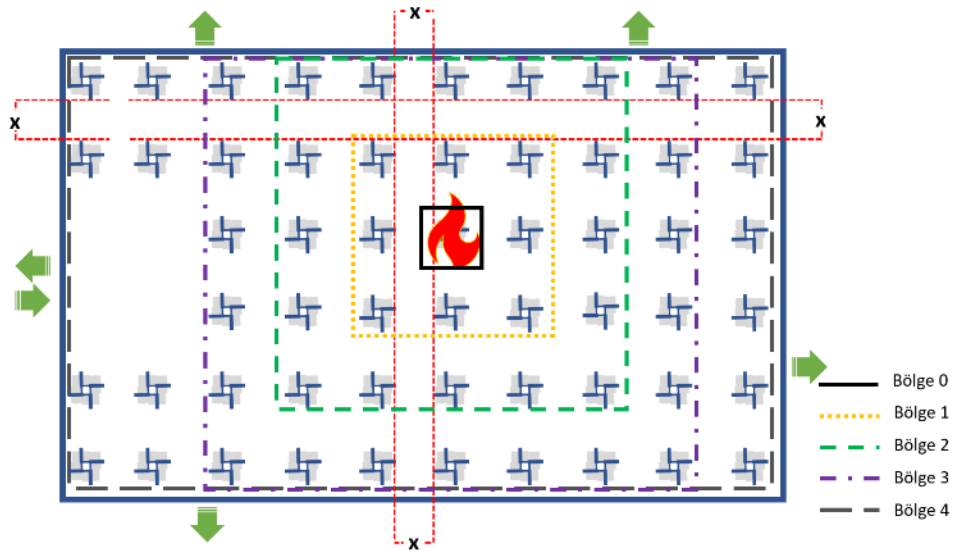
gösterim şema verilen plan üzerinden hesaplama yapılmıştır. Hesaplama sonuçları Tablo 5.3.'de verilmiştir. Plana göre bölge hesaplama yapıldığında Bölge 0' da başlayan yangının Bölge 4'e kadar tam alevlenme süreleri, B1 için 23 ve B2 için 42 dakika olarak tespit edilmiştir.

Tablo 5.3.'deki veriler falshover durumu gerçekleşmeyeceği kabulü ile hesaplanmıştır. Yangının hızının yanıcı türleri, dizilim, flashover şartları gibi birçok nedene bağlı olarak logaritmik olarak artmaktadır.

Tablo 5.3. Alev yayılımı örnek uygulama

Bölge	Yangının Başlama Zamanı		Tam Alevlenme Zamanı	
	B1	B2	B1	B2
Bölge 0	00:00:00	00:00:00	00:06:00	00:10:18
Bölge 1	00:08:14	00:13:44	00:10:16	00:18:18
Bölge 2	00:12:30	00:21:44	00:14:46	00:26:18
Bölge 3	00:17:00	00:29:44	00:19:16	00:34:18
Bölge 4	00:21:30	00:37:44	00:23:46	00:42:18

Yaptığımız deneylerde elde edilen veriler ile tam ölçekli mağazalar, mağaza konseptleri, FDS yazılımlarında tahliye ve yangın güvenliği sitemleri açısından değerlendirilmelidir. Burada ulaşılabilecek veriler ön çalışmalara dayandığından kesin sonuçlar verecektir.



Şekil 5.1. Yangının yayılımı gösterim şeması

Simülasyonlarda yapısal tedbirler, yangın güvenliği sitemleri ve demografik faktörlerde dikkate alınarak lokasyon bazında veya en azından oluşturulan konseptler bazında ürün yerleşimi en iyilemesi yapılmalıdır.

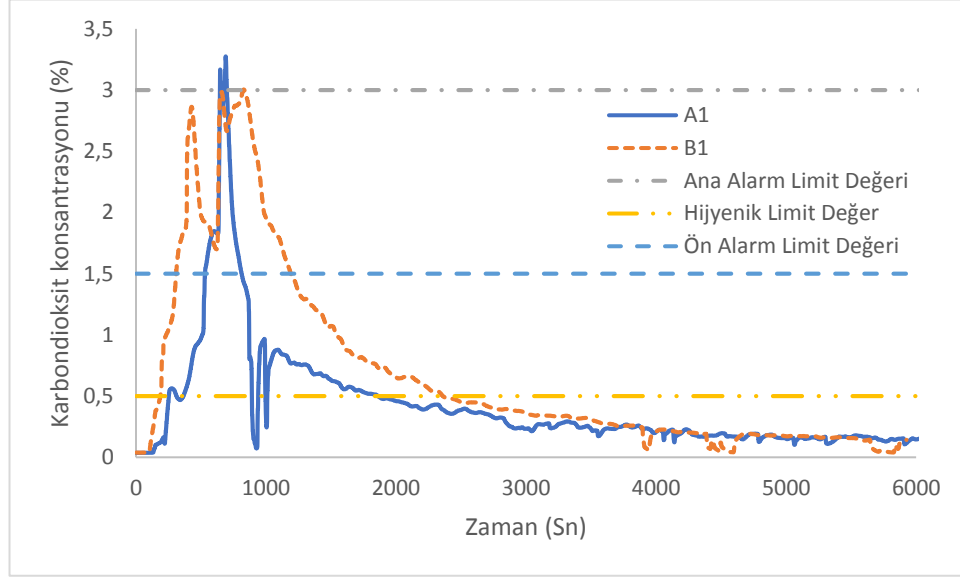
Deneilerde alevin yürüme hızına etki eden faktörler değerlendirildiğinde, başlangıç ve gelişme evresinde plastik askıların erimesi nedeni ile ürünlerin yere düşmesi yanma hızını azaltan bir etki gösterdi. Başlangıç aşamasında ürünlerin sıkışık bir şekilde ünitelerde bulunması başlangıç evresinin uzamasına sebep olmuştur. Bu durum sıcaklık verilerinde bariz olarak görülmektedir. A2 deneyinde nispeten sıkışıklığı az olan ve ilk anda ürünün düşmesine engel olacak orta bölgeden ateşleme yapıldı. Sıcaklığın pik yaptığı süreler bakıldığında diğer deneylere göre yaklaşık sekiz dakikalık bir fark olduğu görülmektedir.

Tekstil mağazalarında oluşan yangınlarda toksiteye neden olacak gazlar oluşmaktadır (Tablo 1.1.). Toksik gazlara karşı gerekli yapısal, yangın güvenliği sitemleri, eğitim gibi önlemlerin yetersiz olduğu ve gerekli düzenlemeler yapılmadığı durumlarda, dumana bağlı zehirlenmeler ve ölümler gerçekleşmektedir.

Solunan zehirli maddelerin, konsantrasyon, pH, partikül boyutu, kişiye ait özellikler, maruziyet süresi, açık ortam ve kapalı ortamda maruz kalınmaya göre farklı sonuçları olur. Bir yetişkin normal şartlarda dakikada 12 nefes alırken bu oran koşma, spor yapma ve ağır iş yaparken dakikada 30 nefes olabilir [30]. Yangın ortamında panikle beraber oksijen seviyesinin azalması, artan zehirli ve boğucu gazların (CO, CO₂) etkisi ile kişi hiper ventilasyona girer. Dakikadaki solunum hızının artması ile ilgili maruziyet miktarları da artmaktadır. Burada astımlı kişilerde maruziyetin ciddi sonuçları olabilmektedir.

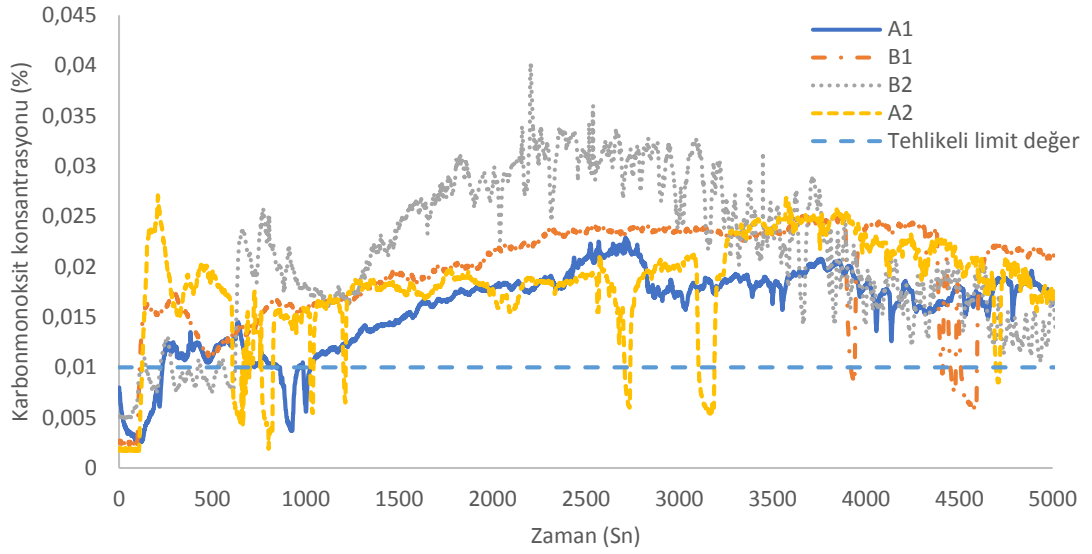
Deneiler için oksijen O₂, karbonmonoksit CO ve karbondioksit CO₂'nin konsantrasyonları zamana bağlı olarak Şekil 5.2., Şekil 5.4. ve Şekil 5.3.'de gösterilmektedir. Karbondioksit basit asfiksi oluşturmaktadır. Havadaki karbonmonoksit miktarında az miktarda artış solunumda uyarılmalara sebep olur. Konsantrasyonun %1,5 olması durumunda nefes daralması ve kalp atış sayılarında artış görülmektedir. %3 konsantrasyonda kas ağrıları, bayılma ve ölüm riski oluşmaktadır. Deneilerde elde edilen karbondioksit konsantrasyonları %3 ila %4

arasında tespit edilmiştir. Ortalama 8. dakika itibari ile bayılma ve ölüm riski oluşturacak düzeylere ulaştığı görülmektedir.



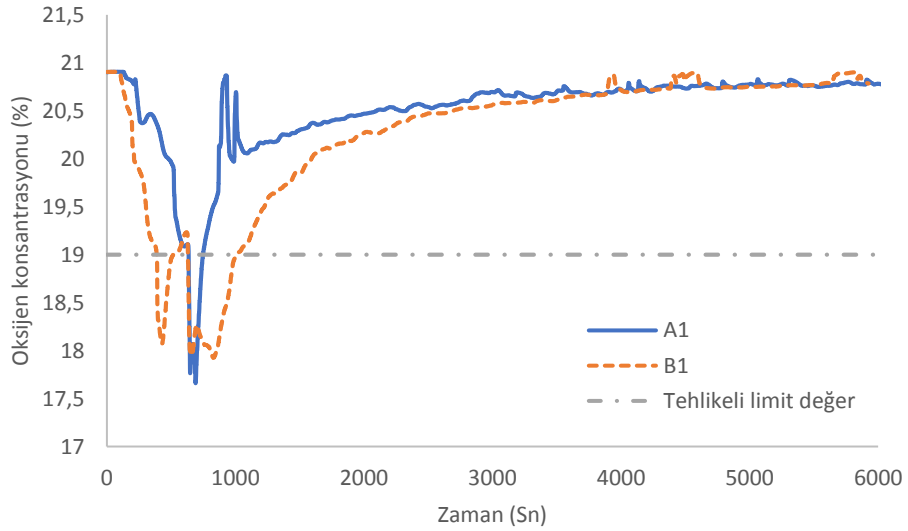
Şekil 5.2. Karbondioksit Konsantrasyonu

Karbonmonoksit kimyasal yoldan asfiksi oluşturan bir gazdır. Karbonmonoksit karboksi hemoglobin oluşturarak oksijenin hemoglobine bağlanmasını engeller. Karbonmoksitin hemeoglobine bağlanma afinitesi oksijenden 200 kat daha fazladır [31]. %0,01 ve üzerinde CO konsantrasyonuna maruz kalmak insan sağlığı için tehlikelidir [32]. Deneylerde ölçülen en yüksek konsantrasyon % 0,02 ila 0,04 arasındadır. %0,006 kısa süreli (15 dakika) maruziyet limitidir. Duman maruziyetinde CO ve HCN kombinasyonu ayrı ayrı maruziyete göre çok daha zararlı olduğu için, CO tehlike limitlerine göre tek başına değerlendirilmesi yetersizdir. CO ve HCN kombinasyonu yangın sırasında kişileri kalp krizine sokan ölümcül bir asfiksi oluşturur [33].



Şekil 5.3. Karbonmonoksit konsantrasyonu

Oksijen konsantrasyonu %15'in altında olduğunda klinik belirtiler ortaya çıkar ve %6-10'un altındaki oranlarda ölüm gerçekleşir. Şekil 5.4.'de deneylerde elde edilen oksijen konsantrasyonları verilmiştir. Oksijen konsantrasyonu %17,66 seviyelerine indiği görülmektedir.

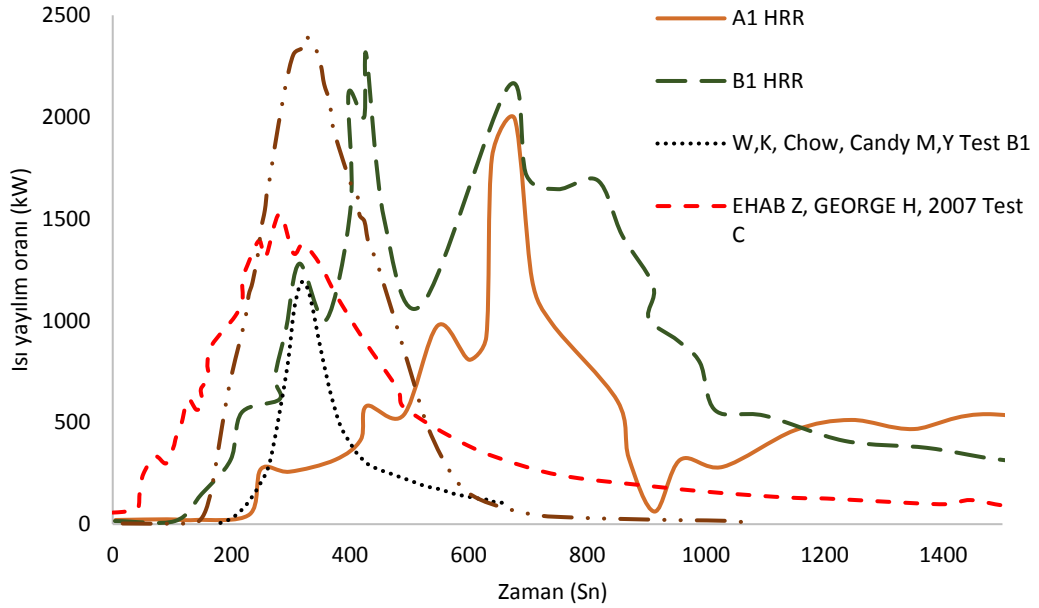


Şekil 5.4. Oksijen konsantrasyonu

A1 ve B1 deneylerinde hemen hemen aynı konsantrasyonların olduğu ve bezer eğilimin olduğu görülebilir. Deney B1'de tüketilen oksijen miktarının daha fazla olduğu görülmektedir. Oksijen konsantrasyonunun %15 ile 19 arasında olduğu

durumlarda aktif çalışma kabiliyetinde kayıp ve koordinasyon bozukluğu oluşabilir. Dolaşım ve akciğer rahatsızlığı olanlarda erken belirtilere yol açabilir [34].

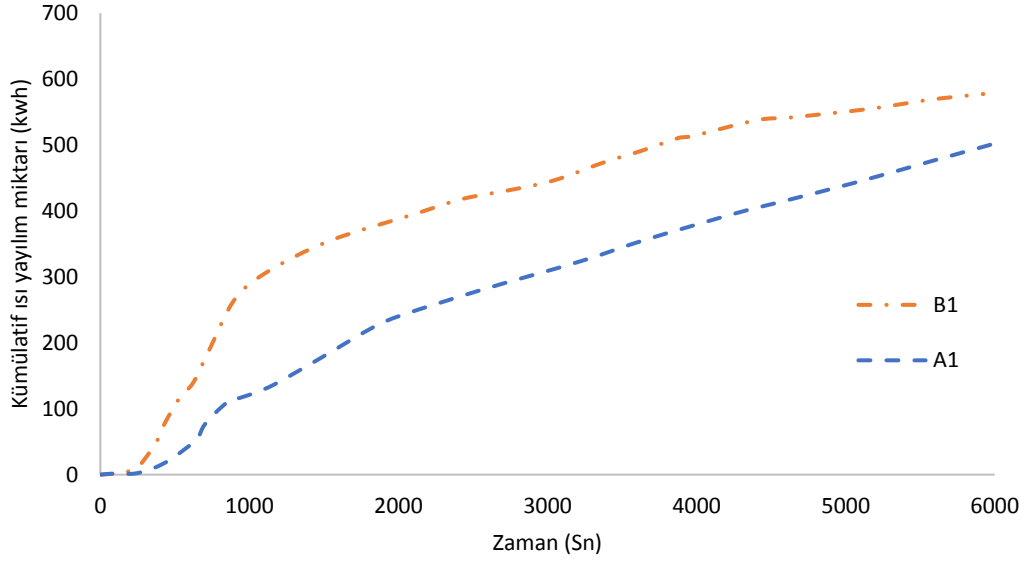
Tablo 5.1.'de bu tez çalışmasında yapılan iki deneyin ısı yayılım oranları (HRR) verilmiştir. Maksimum ısı yayılım oranı deney A1'de 1991 kW, B1'de 2308 kW olarak ölçüldü. Yapılan iki deneyde elde edilen HRR verileri Şekil 5.5.'de farklı çalışmalarda yapılmış deneyleri temsil eden deney verileri ile birlikte verilmiştir. Grafikte, "EHAB Z, GEORGE H, 2007 Test C" EHAB Z, GEORGE H, tarafından 2007 yılında yapılan çalışmadan yüksek kumaş içeriğine sahip mağazaları, "W.K. Chow, Candy M.Y Test B1" W.K. Chow, Candy M.Y tarafından 2004 yılında yapılan çalışmada 96 adet tişört ile yapılmış deneyi ve "W.K. Chow, Candy M.Y Test B2" W.K. Chow, Candy M.Y tarafından 2004 yılında yapılan çalışmada 96 adet tişört ile flashover şartlarında yapılmış deneyi temsil etmektedir.



Şekil 5.5. Literatür ısı yayılım oranı karşılaştırması (kW)

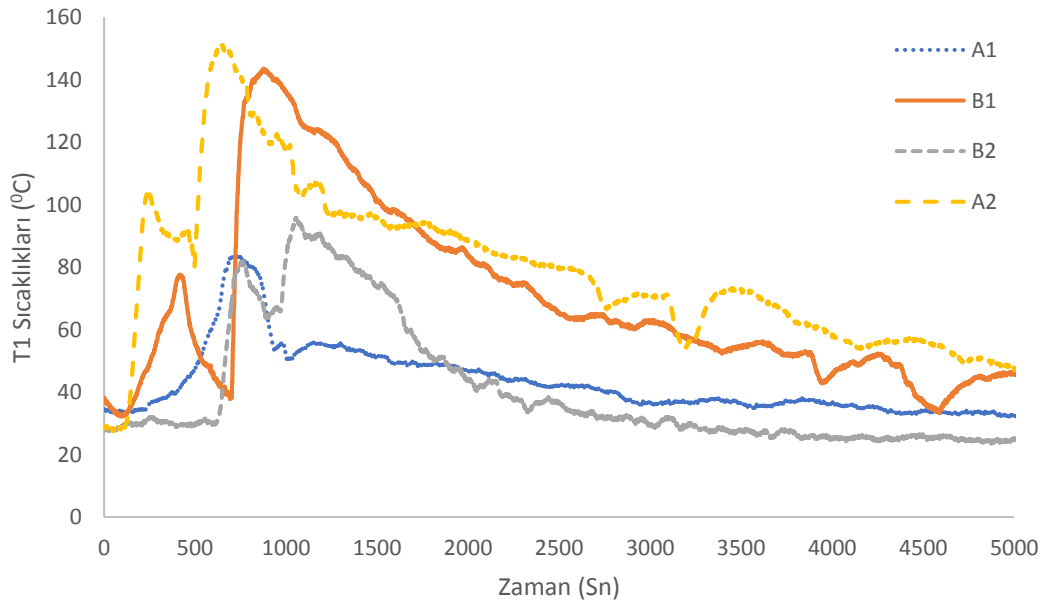
Burada ısı yayılım oranları, EHAB Z, GEORGE H, 2007 Test C'de 1528 kW, W.K. Chow, Candy M.Y Test B1'de 1500 kW ve W.K. Chow, Candy M.Y Test B2'de 2400 kW olarak ölçülmüştür. EHAB Z, GEORGE H, 2007 Test C ve W.K. Chow, Candy M.Y Test B2 deneyleri ile bu çalışmada yapılan deneylerde elde edilen ısı yayılım oranları değerlendirildiğinde hemen hemen aynı maksimum ısı yayılım oranına sahip olduğu ve eğilimlerin örtüştüğü görülebilir.

Kümülatif ısı yayılım oranı değerlendirildiğinde ise bariz bir şekilde B1 deneyinde daha fazla enerji açığa çıktığı görülmektedir (Şekil 5.6.). Toplam enerji trapezoidal integral ile bulunmuştur. Toplam enerji grafiğin x-axisi ile arasında kalan alana eşittir.

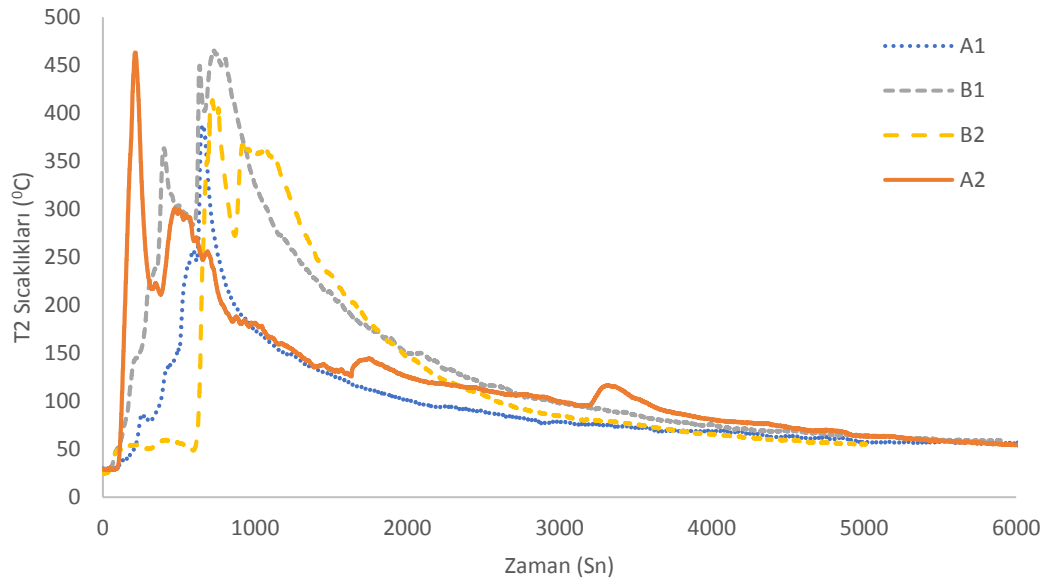


Şekil 5.6. Kümülatif ısı yayılım oranı

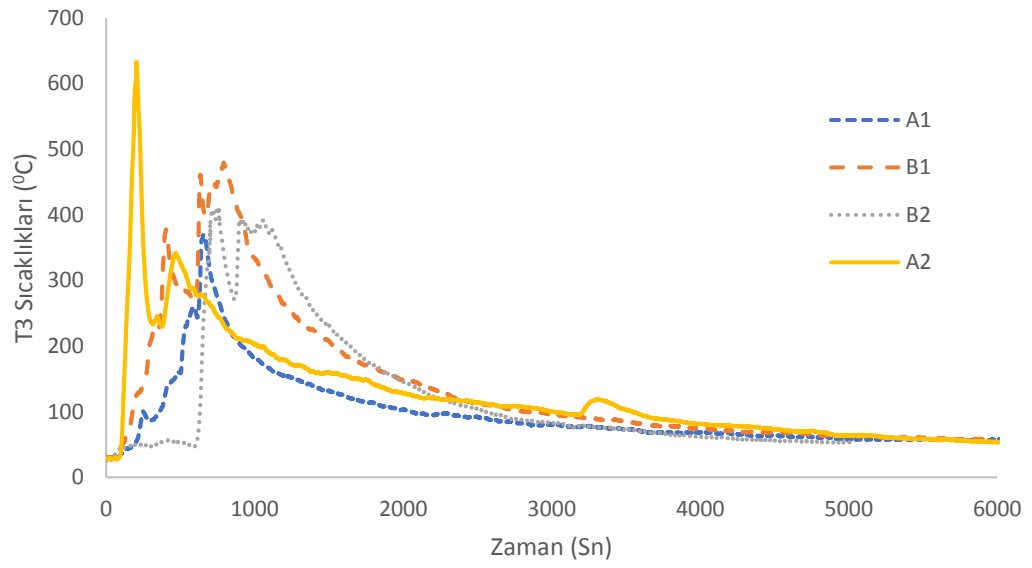
Deneylede tavanda ölçülen sıcaklıklar B2 ve A2 de 550°C 'nin üzerine çıktığı tespit edilse de flashover tespiti yapılamamıştır. Yanmanın piroliz gazları ve tüm ürünleri üzerine kısa sürede yayılması gözlemlenmemiştir.



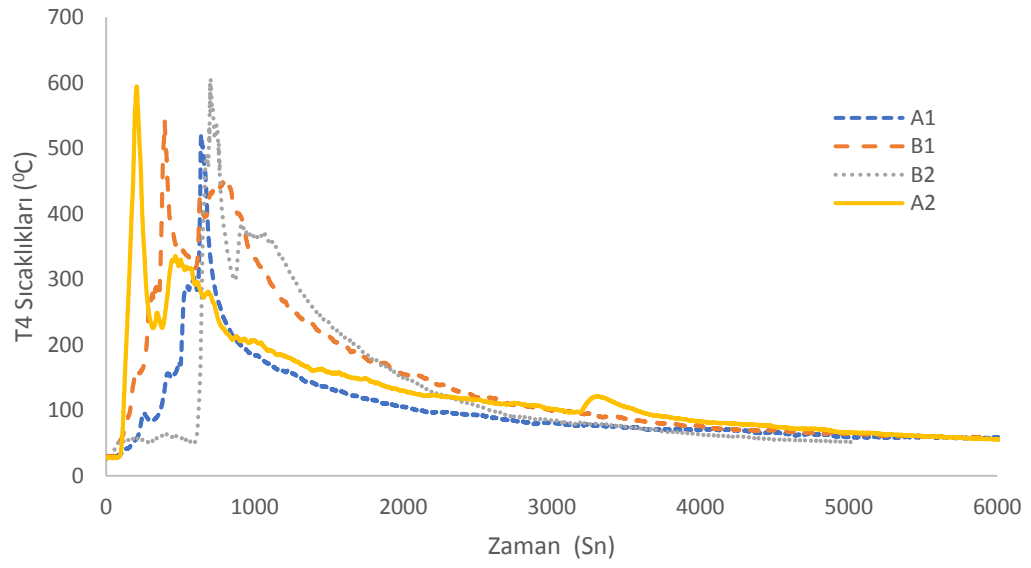
Şekil 5.7 T1 Sıcaklık verileri karşılaştırılması



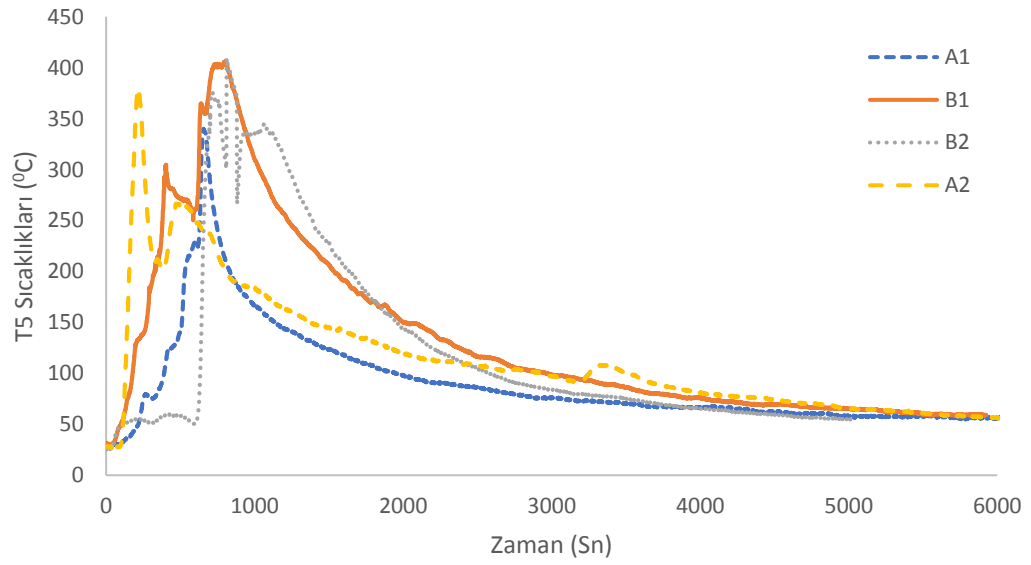
Şekil 5.8 T2 Sıcaklık verileri karşılaştırılması



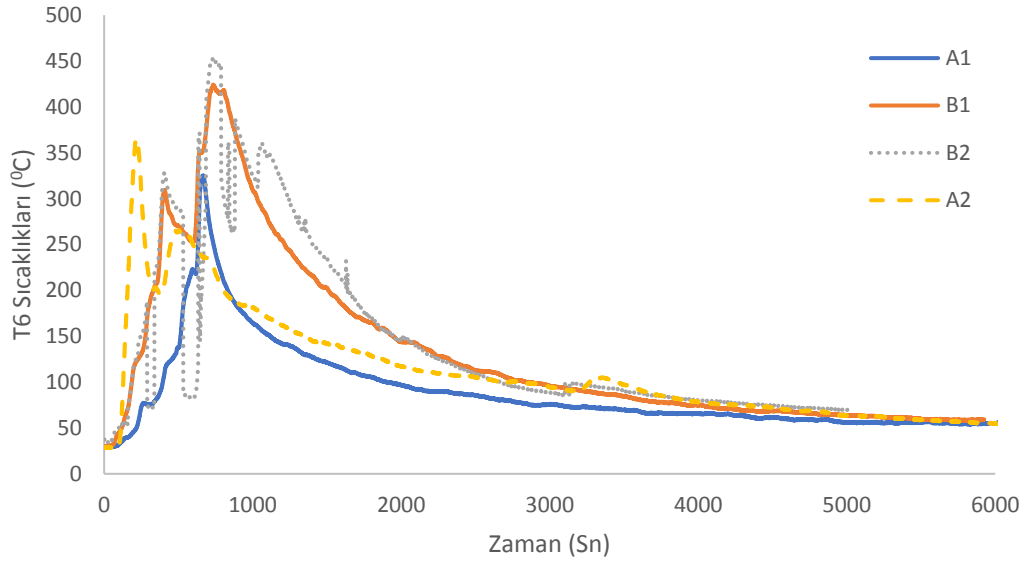
Şekil 5.9 T3 Sıcaklık verileri karşılaştırılması



Şekil 5.10 T4 Sıcaklık verileri karşılaştırılması



Şekil 5.11 T5 Sıcaklık verileri karşılaştırılması



Şekil 5.12 T6 Sıcaklık verileri karşılaştırılması

Tez çalışması kapsamında perakende tekstil sektöründe tam ölçekli tehlike değerlendirmesi ön çalışması yapılarak elde edilen verilerin,

- Perakende tekstil sektöründe yanıcı maddeler için ısı yayma oranı veri tabanına katkı yapılması,
- Isı yayılım oranlarının tespit edilerek tam ölçekli testlerde güvenilir olarak kullanılması,
- Farklı yaş gurubu ve eğitimleri dikkate alınarak tahliye etkisinin değerlendirilmesi,
- Söndürme sistemlerinin yeterliliğinin değerlendirilmesi
- Alışveriş merkezlerinde duman yönetimi sistemi tasarımı için kullanılması
- Farklı dizilimler yapılarak yangının yayılım hızının etkisi, tahliye etkisini değerlendirerek yerleşim en iyilemelerinin geliştirilmesi
- Elde edilen verilerin tehlike değerlendirmesinde ulusal ve uluslararası güvenilir veri oluşturulması.
- Performans temelli simülasyonların oluşturulabilmesi için gerekli olan ısı yayılım oranının hesaplanması hedeflenmiştir.

Etkin yangın güvenliği yönetimi için mağaza yapıları, yapı performansı, mağaza büyüklükleri, mağaza konseptleri, demografik yapılar, müşteri profili, iklim ve ayak sayısı dikkate alınarak kaçış genişlikleri, tahliye süreleri, kat yükseklikleri vb. tasarım

kriterleri açısından modellenerek değerlendirilmelidir. Modelleme için farklı yangın dinamiği simülatörleri kullanılabilir.

Bu deneylerde, gerçekte mağazalarda bulunan ürün miktarından çok az bir miktar yakılmıştır. Büyük miktarlarda yakılan yanıcı maddeler deneylerde elde ettiğimiz HRR verilerinden birkaç kat daha yüksek olabilir. Yangın alışveriş merkezlerinde bitişikte bulunan mağazalara da sirayet edecektir. Diğer perakende satış mağazaları yangınlarında da bulunan yanıcı maddelerin yakılması ile ilgili daha fazla çalışma yapılmalıdır. Bu olası ısı yayma oranlarını değerlendirmek ve anlamak için önemlidir.

KAYNAKLAR

- [1] İBB İtfaiye daire başkanlığı, 2012. Yangın ve Kazlarla Mücadele. 4. Seri. İstanbul İtfaiyesi Yayınları, 1-121.
- [2] W.K. Chow, Candy M.Y. Ng, G.W. Zou, H. Dong, Y. Gao. 2004. Full-Scale Burning Tests For Retail Shop Fires: Preliminary Studies. International Journal on Engineering Performance-Based Fire Codes, 6(3):94-121.
- [3] EHAB ZALOK, GEORGE HADJISOPHOCLEOUS 2007. Characterizing Of Design Fires For Clothing Stores Proceedings of the 5th International Seminar on Fire and Explosion Hazards, Edinburgh, UK, 23-27"
- [4] Duck Hee Lee, Won Hee Park, Jungho Hwang, George Hadjisophocleous. 2016. Full-Scale Fire Test of an Intercity Train Car. Springer Science Business Media Fire Technology, 52, 1559–1574
- [5] [https://www.star.com.tr/guncel/rusyada-avm-yangini-8-yarali-haber-1349237/.](https://www.star.com.tr/guncel/rusyada-avm-yangini-8-yarali-haber-1349237/), Erişim Tarihi: 24.05.2020
- [6] [https://www.star.com.tr/dunya/rusyada-64-kisinin-hayatini-kaybettigi-avm-yangininda-itfaiye-sefi-gozaltina-alindi-haber-1362034/.](https://www.star.com.tr/dunya/rusyada-64-kisinin-hayatini-kaybettigi-avm-yangininda-itfaiye-sefi-gozaltina-alindi-haber-1362034/), Erişim Tarihi: 24.05.2020
- [7] [https://www.star.com.tr/dunya/rusyadaki-avmde-yangin-en-az-4-cocuk-oldu-haber-1324070/.](https://www.star.com.tr/dunya/rusyadaki-avmde-yangin-en-az-4-cocuk-oldu-haber-1324070/), Erişim Tarihi: 24.05.2020
- [8] <https://www.ntv.com.tr/dunya/rusyada-avmde-yangin-faciiasi-64-olu,BA07ezMp50iAajNZWR7s4g.,> Erişim Tarihi: 24.05.2020
- [9] <https://www.emlaktasondakika.com/haber/avm/doha-villaggio-avmde-cikan-yanginda-19-kisi-oldu/23786.,> Erişim Tarihi: 24.05.2020
- [10] <https://www.constructionweekonline.com/article-17083-fire-in-qatars-villaggio-mall-claims-19-lives.,> Erişim Tarihi: 24.05.2020
- [11] <http://finance.sina.com.cn/roll/20120702/020412450136.shtml.,>Erişim Tarihi: 24.05.2020
- [12] <https://www.emlaktasondakika.com/haber/yurtdisi/cin-tianjindeki-bir-avmde-yangin-cikti/26818.,> Erişim Tarihi: 24.05.2020
- [13] <https://www.theguardian.com/world/2015/feb/06/china-shopping-mall-fire-kills-at-least-17-guangdong.,> Erişim Tarihi: 20.05.2020

- [14] <https://www.marasgundem.com.tr/yerel-haberler/avm-yangininin-ardindan-264837h.>, Erişim Tarihi: 20.05.2021
- [15] <https://www.ensonhaber.com/ic-haber/izmitte-alisveris-merkezi-yangini-2012-01-15.>, Erişim Tarihi: 20.07.2021
- [16] [http://t4haber.com/darica-park-avm-de-yangin/1561/.](http://t4haber.com/darica-park-avm-de-yangin/1561/), Erişim Tarihi : 20.05.2020
- [17] [https://www.haberler.com/klima-faciaya-neden-oluyordu-haberi/.](https://www.haberler.com/klima-faciaya-neden-oluyordu-haberi/), Erişim Tarihi: 20.05.2020
- [18] <https://www.besiktas.com.tr/kent/akmerkezde-gece-yangin-panigi/5627.>, Erişim Tarihi:20.05.2020
- [19] <https://www.emlaktasondakika.com/haber/avm/212-istanbul-power-outlet-avmde-yangin/125494.>, Erişim Tarihi: 20.05.2020
- [20] Daniel E. Della-Giustina. 2014. Fire Safety Management Handbook. İçinde: Fire Chemistry. 3. Baskı, CRC Press, Boca Raton, 11-18
- [21] Dougal Drysdale. 2011. An Introduction to Fire Dynamics. A John Wiley & Sons, Scotland, 1 – 551
- [22] <https://www.usfa.fema.gov/data/statistics/#causesNR.>, Erişim Tarihi: 19.08.2020
- [23] [https://www.usfa.fema.gov/downloads/pdf/statistics/nonres_bldg_fire_estimates .pdf.](https://www.usfa.fema.gov/downloads/pdf/statistics/nonres_bldg_fire_estimates.pdf.), Erişim Tarihi: 19.08.2020
- [24] W D Schindler, P J Hauser. 2004. Chemical Finishing of Textiles, CRC Press Elsevier, 1-224.
- [25] Kalin, Mehmet Baran. 2008. Tekstil Yüzeylerinin Yanmaya Karşı Dirençlerinin Arttırılması. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.
- [26] Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelik (2007), T.C. Resmî Gazete. 12937, 27.11.2007
- [27] NFPA 101 Life Safety Code, 2015
- [28] ASTM E2257-17 Standard Test Method for Room Fire Test of Wall and Ceiling Materials and Assemblies, 2017
- [29] Janssens, M. 1991. Measuring Rate of Heat Release by Oxygen Consumption. Fire Technology, 27:234-49.
- [30] Hüsamettin Bulut, 2012, Havalandırma ve İç Hava Kalitesi Açısından CO2 Miktarının Analizi, Tesisat Mühendisliği, 128:61-70

- [31] Polatlı, Mehmet. 2003. Toksik Gaz İnhalyonu. Solunum, 5(6): 244-256
- [32] Leon D. Prockop, Rossitza I.Chichkova,2007, Carbon monoxide intoxication: An updated review, Journal of the Neurological Sciences, 262(1-2):122-130
- [33] <https://www.draeger.com/Library/Content/small-case-arcelor-mittal-ebk-8176-2017-en-master.pdf>., Erişim Tarihi: 04.06.2021
- [34] https://www.maden.org.tr/genel/bizden_detay.php?kod=8735., Erişim Tarihi: 04.06.2021

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Cemil SAĞLAM

ÖĞRENİM DURUMU

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet Yılı
Yüksek Lisan	Sakarya Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü / Yangın Ve Yangın Güvenliği	Devam ediyor
Yüksek Lisans	Sakarya Üniversitesi / Sosyal Bilimleri Enstitüsü / İşletme	2010
Lisans	Atatürk Üniversitesi / Mühendislik Fakültesi / Çevre Mühendisliği	2007
Lise	Kartal Yakacık Endüstri Meslek Lisesi / Kimya	2000

İŞ DENEYİMİ

Yıl	Yer	Görev
2016-Halen	Defacto Perakende Tic. A.Ş.	İş Güvenliği Uzman
2012-2015	Uzmaniş OSGB	İş Güvenliği Uzman

YABANCI DİL

İngilizce

ESERLER (makale, bildiri, proje vb.)

- 1.
- 2.

HOBİLER

Tenis