

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

**YAŞLI BAKIM EVLERİNDE YANGIN ANINDA KULLANICILARIN  
TAHLİYESİ VE DUMANDAN ETKİLENME ORANLARININ  
SİMÜLASYONLARLA İNCELENMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Kerem İLBAY**

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

**Tez Danışmanı : Prof. Dr. Ekrem BÜYÜKKAYA**

**Haziran 2022**

T.C.  
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YAŞLI BAKIM EVLERİNDE YANGIN ANINDA KULLANICILARIN  
TAHLİYESİ VE DUMANDAN ETKİLENME ORANLARININ  
SİMÜLASYONLARLA İNCELENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Kerem İLBAY

Enstitü Anabilim Dalı : YANGIN VE YANGIN GÜVENLİĞİ

Bu tez .../.../2022 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.

Kerem İLBAY

28.06.2022

## **TEŞEKKÜR**

Yüksek lisans eğitimim 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 hocalarım Prof. Dr.Ekrem Büyükkaya ve Doç.Dr.Üyesi Gökhan Coşkun'a teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca Yüksek Lisans eğitimim boyunca desteğini esirgemeyen çalışma arkadaşlarım Sayın Merve Karaca, Furkan Kadı ve Koray Uluç'a teşekkür ederim.

## İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	i
İÇİNDEKİLER .....	ii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ.....	v
ŞEKİLLER LİSTESİ .....	vi
TABLolar LİSTESİ .....	vii
ÖZET.....	viii
SUMMARY .....	ix
BÖLÜM 1.	
GİRİŞ .....	1
BÖLÜM 2.	
BİNALARDA YANGIN GÜVENLİK SİSTEMLERİ AMACI VE İÇERİĞİ .....	3
BÖLÜM 3.	
BİNA TAHLİYESİ VE YÖNETMELİKLERCE BELİRTİLEN GEREKLİKLER	6
3.1. Tahliye.....	6
3.1.1. Çıkışa ulaşım .....	6
3.1.2. Çıkış.....	8
3.1.3. Çıkıştan tahliye .....	11
3.2. Tahliye Kapasitesi .....	12
3.3. Yaşlı Bakım Evleri için Özel Gereklilikler .....	13
3.4. Elektriksel Gereklilikler .....	14

## BÖLÜM 4.

BİLGİSAYAR TEMELLİ TASARIM VE ÖNEMLİ KAVRAMLAR.....	16
4.1. Performans Temelli Tasarımın Avantaj ve Dezavantajları.....	21
4.2. Performans Bazlı Tasarımda Kontrol Edilmesi Gereken Başlıca	
Kriterler .....	223
4.2.1. Gerekli tahliye süresi.....	223
4.2.2. Yangında oluşan toksik ve zehirli gaz seviyesi .....	26
4.2.3. Sıcaklık .....	32
4.2.4. Görülebilirlik .....	33

## BÖLÜM 5.

YANGIN VE TAHLİYE SİMULASYONLARI.....	35
5.1. Temel Tanımlar .....	35
5.1.1. Yangın simülasyonu.....	35
5.2. Isı Salınım Oranı .....	38
5.2.1. Tahliye simülasyonu .....	39
5.3. Tahliye Hızı.....	40
5.4. Tahliye Stratejileri.....	43
5.5. Yangın Söndürme ve Kontrol Sistemleri .....	45
5.5.1. Yağmurlama (sprinkler) sistemi.....	45
5.5.2. Yangın algılama sistemi.....	46
5.5.3. Duman tahliye sistemi .....	47

## BÖLÜM 6.

SİMULASYON SONUÇLARI.....	49
6.1. Simülasyon Sonuçları .....	49
6.1.1. Güvenli kaçış süresi analizi .....	49
6.1.2. FED değerlerinin simülasyon analizi .....	52
6.1.3. Görüş mesafelerinin simülasyon analizi.....	53
6.1.4. Sıcaklığın simülasyon analizi .....	56

BÖLÜM 7.	
SİMULASYON SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ .....	61
KAYNAKLAR.....	63
ÖZGEÇMİŞ .....	65

## SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

BSI	: İngiliz Standartları Enstitüsü (British Standards Institution)
BYKHY	: Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelik
DWG	: Çizim (DraWinG)
DXF	: Çizim Değişirme Formatı(Drawing eXchange Format)
FDS	: Yangın dinamikleri simülatörü
GGKS	: Gereken Güvenli Kaçış Süresi (Required Safe Escape Time)
HAD	: Hesaplamalı akışkanlar dinamiği
ISO	: Isı Salınım Oranı
MGKS	: Mevcut Güvenli Kaçış Süresi (Avilable Safe Escape Time)
NFPA	: Ulusal Yangın Önleme Derneği (National Fire Prevention Association)
NIST	: Ulusal standartlar ve teknoloji enstitüsü
SFPE	: Yangından Korunma Mühendisleri Derneği (The Society of Fire Protection Engineers)
SN	: Saniye
TS EN	: Türk Standartları



## ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1. Yangın güvenliği idaresi ile ilgili şema.....	5
Şekil 3.1. NFPA'e göre koridor geçişlerinin belirlenmesi ile ilgili örnek .....	8
Şekil 3.2. Diyagonal mesafe ve çıkış kapıları arasındaki mesafe ile ilgili örnek....	9
Şekil 3.3. Kapı tutamaçları ile ilgili örnek gösterim .....	10
Şekil 3.4. Kapı genişliği ölçümü ile ilgili örnek gösterim .....	11
Şekil 4.1. Mevcut güvenli kaçış süresine (MGKS) kıyasla kaçış süresine dahil olan süreçlerin basitleştirilmiş şeması .....	26
Şekil 5.1. Duman kontrol sisteminin kat bazında gösterimi .....	47
Şekil 6.1. Birinci dedektör algılama süresi .....	50
Şekil 6.2. İkinci dedektör algılama süresi .....	51
Şekil 6.3. FED değerlerinin grafik ile karşılaştırılması.....	53
Şekil 6.4. 1,8 metrede görüş mesafelerinin en düşük değerinin grafik ile karşılaştırılması (5 m <sup>3</sup> /s).....	55
Şekil 6.5. 10 m <sup>3</sup> /s egzoz fanı ile 70. Saniyede görüş mesafesinin simülasyon programında gösterimi .....	56
Şekil 6.6. Senayo1'e göre 250. saniyede koridorda oluşan sıcaklık değerleri (°C)	57
Şekil 6.7. Simülasyon programında yamurlama başlığı su atımı gösterimi.....	57
Şekil 6.8. Senayo2'ye göre 250. saniyede koridorda oluşan sıcaklık değerleri (°C)	58
Şekil 6.9. Senayo3'e göre 250. saniyede koridorda oluşan sıcaklık değerleri (°C)	58
Şekil 6.10. Senayo4'e göre 250. saniyede koridorda oluşan sıcaklık değerleri (°C)	59
Şekil 6.11. Yangın çıkan koridorda insana tesir eden en yüksek sıcaklık değerlerinin karşılaştırılması (°C) .....	600

## TABLolar LİSTESİ

Tablo 3.1. BYKHY'e göre binalarda tahliye mesafeleri.....	6
Tablo 3.2. NFPA101'e göre binalarda tahliye mesafeleri .....	7
Tablo 3.3. Kaçış merdiveni basamak özellikleri .....	9
Tablo 3.4. BYKHY'e göre kullanıcı yükü tablosu.....	12
Tablo 3.5. NFPA101'e göre kullanıcı yükü tablosu .....	13
Tablo 4.1. Uluslararası mühendislik tasarım standartları .....	18
Tablo 4.2. Kullanıcı çeşitlerine göre davranış senaryolarının sınıflandırılması .....	25
Tablo 4.3. Kanda bulunan karboksihemoglobin miktarının insana etkileri .....	28
Tablo 4.4. Kanda bulunan hidrojeniyanür (HCN) miktarının insana etkileri.....	29
Tablo 4.5. Kısmi etkili doz seviyesi ile popülasyon etkilenme oranları .....	31
Tablo 4.6. Bazı tahriş edici maddelerin ölümcül maruz kalma dozları.....	31
Tablo 4.7. Bazı zehirli gazların tehlike sınırları .....	32
Tablo 4.8. Isı mazuriyetine karşı insan toleransı .....	33
Tablo 4.9. Dumanın insanın görme, hareket hızı ve davranış üzerindeki etkileri...	34
Tablo 5.1. Çeşitli malzemelerin en yüksek ısı salınımları .....	39
Tablo 5.2. İnsanları yürüme hızını belirten deneysel tablo .....	40
Tablo 5.3. Merdivenler için k kat sayısı değerleri .....	42
Tablo 5.4. TS EN 12845'e göre yağmurlama sistemi tasarım tablosu.....	45
Tablo 5.5. BYKHY'e göre tehlike sınıfı tablosu.....	46
Tablo 6.1. Simülasyonların sonuçlarına göre FED değerlerinin karşılaştırılması ..	52
Tablo 6.2. Simülasyonların sonuçlarına göre görüş mesafelerini karşılaştırılması.	54
Tablo 6.3. Simülasyonların sonuçlarına göre zeminden 0,4 metrede görüş mesafelerini karşılaştırılması.....	55
Tablo 6.4. 10 m <sup>3</sup> /s egzoz fanına göre görüş mesafesi .....	56
Tablo 6.5. Simülasyonların sonuçlarına göre yangının olduğu koridorda sıcaklıkların karşılaştırılması.....	59

## ÖZET

Anahtar kelimeler: Yangın, Tahliye, Simülasyon Acil durum, Huzurevi

Bu çalışmada bedensel olarak bakıma muhtaç ve hareket kabiliyetleri sınırlı ya da kendi başlarına hareket edemeyen insanların yangın durumunda bulunduğu binadan korunaklı olarak tahliyesinin, farklı senaryolar üzerinden incelenerek tahliye anında yangın sonucu açığa çıkan gazların, sıcaklık ve görüş mesafesi gibi etkilerin incelenmesi ve bunun sonucunda yaşamsal durumunun analizi yapılacaktır. Ulusal ve uluslararası standartlar araştırılarak huzurevi ve yaşlı bakımevlerinde ulusal standartlara uygun mimari modelleme yapılacaktır. Bu model üzerinde insanlar eklenerek farklı senaryolar üzerinde yangın simülasyon programı ve tahliye simülasyon programı kullanılarak, kullanıcıların tahliye sırasında yangın ve yangın sonucu oluşan faktörlerden etkilenmeleri incelenecektir. Mimari modelde kat koridorlarında duman kontrol sisteminin yapıldığı ve yapılmadığı, yağmurlama söndürme sisteminin bulunup bulunmadığı tahliye senaryoları oluşturulacak ve bu sonuçlar birbirleri ile karşılaştırılacaktır. Tahliye olacak kişiler ise sedye ile tekerlekli sandalye ve kendi kendine tahliye olabilecek şekilde çeşitlendirilecektir.

# **INVESTIGATION OF OCCUPANTS' EVACUATION AND SMOKE AFFECTIONS RATES WITH SIMULATIONS IN ELDERLY HOME DURING A FIRE**

## **SUMMARY**

Keywords: Fire, Evacuation, Emergency, Simulation, Nursing home

In this study will be examining safe evacuation of elder and hendicapped people , from a building that they are in, in case of fire through different scenarios as well as examining the eventual and vital effects over people obviously caused by the released gases during the incident such as temperature and visibility. By researching national and international standards, architectural modeling will be made in accordance with national standards in elderly care homes, by adding people into this model and fire simulation and evacuation simulation program will be used on different scenarios, and how users are affected by fire and fire-related factors during evacuation will be examined. In the architectural model, evacuation scenarios will be created in the floor corridors whether the smoke exhausted control system and there is an automatic sprinkler system or not, and these results will be compared with each other. Persons to be evacuated will be diversified by stretcher, wheelchair and self-evacuation.

## **BÖLÜM 1. GİRİŞ**

Huzurevleri ve yaşlı bakımevleri gibi sağlık yapılarında, acil durum anlarında bina içinde bulunan insanların hareket kabiliyeti sınırlı olduğundan binanın tahliyesi, diğer yapılara göre daha yavaş olacaktır. Bu nedenle binada tahliye yolları mümkün olduğu kadar sık yapılmalı, yangından korunumlu tahliye koridorlarına mümkün olduğunca hızlı ulaşılabilir. Otoriteler tarafından oluşturulmuş yönetmeliklerde tahliye ve diğer mimari durumlar için koşullar belirtilmiş olsada bazı durumlarda saha koşulları, mimari ya da mekanik etmenler neticesinde yapılan uygulama çok sağlıklı olamamaktadır. Örneğin refakatçi ile yapılması gereken bir tahliye ile ilgili detaylı açıklamalar bulunmamakta ya da sedye ile taşınması gerekli insanlar için acil durum asansörü kullanılacak ise asansör kapasitesinin ne olması gerektiği ile ilgili bir standart Binaların Yangından Korunması Hakkındaki Yönetmelik (BYKHY) içerisinde bulunmamaktadır.

Bu çalışmada yönetmeliksel olarak bir binada tahliye sisteminin mimari, mekanik ve elektriksel açıdan yönetmeliklerce nasıl olması gerektiği anlatılacak olup (Temel gereklilikler ilgili maddeler referans edilerek belirtilecektir. Her binanın, kullanım sınıfı, yapı yüksekliği, kullanılan cephe elemanı gibi çeşitli etkilere göre farklı ihtiyaçları bulunabilir.) daha sonrasında bilgisayar destekli tasarım programı ile yönetmeliklere mimari olarak uygun bir yaşlı bakım evinin çeşitli senaryolar ile tahliye simülasyonu incelenerek bakım evinde bulunan kişilerin yangın ve duman etkisi altında kalmaları incelenecek ve senaryolar birbirleri ile karşılaştırılıp yorumlanacaktır.

Ülkemizde ve dünyada çeşitli mimari yapılara uygun olarak yangın simülasyonu ya da tahliye simülasyonu hakkında tez ve makale çalışmaları yapılmaktadır. Çalışmalar daha çok hastaneler ya da alışveriş merkezleri için yapılmakta olup huzurevleri ile ilgili yapılan çalışmalar sınırlıdır. Eindhoven Teknoloji Üniversitesi'nde Hastaneler ve

Huzur evleri için Niels Strating (2013) huzur evleri ve hastanelerde bakıma muhtaç kişiler için tahliye ile ilgili çalışmalar yapmıştır. Çalışmasında tahliye süreleri ile duman karşısında görüş mesafeleri ve ortam sıcaklıkları incelenmiştir. Araştırma sonucunda görüş mesafelerinin tahliye üzerinde etkisinin duman yayılım hızının sıcaklık artışından daha hızlı gerçekleştiğinden, sıcaklığa oranla daha kritik öneme sahip olduğunu belirtmiştir. Bununla birlikte yangın yükünün daha düşük olmasının tahliye için olumlu yönde etki ettiğini belirtmiştir. Dumanın toksik etkisinin kişiler üzerindeki etkisi yapılan çalışmada belirtilmemiştir.

Yapmış olduğum bu çalışmada yangın sırasında çıkacak toksik gazların etkileri ve sıcaklıktan etkinlenme durumları da görüş mesafeleri ve sıcaklık etkilerinin yanında ayrıca incelenecektir.

Ülkemizde binaların yangından korunması ile ilgili geçerli tek tasarım metodu yönergesel tasarım olup bilgisayar temelli tasarımın, bilgi ve tecrübe arttıkça ülkemizde de geçerlilik kazanacağı öngörülmektedir. Hem dünyada hem de ülkemizde yönetmeliksel olarak mimari uygunluk bulunmayan ya da maliyet azaltmak adına yapılarda alternatif olarak kullanılmaya zamanla başlanması beklenmektedir.

## **BÖLÜM 2. BİNALARDA YANGIN GÜVENLİK SİSTEMLERİ**

### **AMACI VE İÇERİĞİ**

Bir binanın yangından korunum sistemleri tasarlanırken, standartlarca izin verilen yapısal ve mimari koşulların yine standartlarca teçhiz edilmesi gereken aktif ve pasif yangından korunum sistemlerinin varlığı durumunda geçerli olduğu unutulmamalı sistem yangın anında çalışacak bir bütün olarak tasarlanmalı, imal edilmeli ve işletilmelidir.

Elektromekanik sistemlerin, bina yapısal özelliklerine göre entegre edilmesi ve olası yangın durumunda yangın senaryosu dahilinde fonksiyonlarını yerine getirebileceğinden emin olunmalıdır.

Bu amaçla sistem kabul testleri ve sistem periyodik bakım, denetleme ve performans testleri önem arz etmektedir. Sistem temel tasarım kriterlerinin ve türünün seçilmesinde sistemin güvenilirliği göz önünde bulundurulmalıdır.

Aktif ve pasif yangından korunum sistemlerinin kurulması sonrasında yangına müdahale ve yangın sonrası ortaya çıkacak acil durumları yönetebilmek için organizasyonel önlemlerin alınması, hazırlıkların yapılması, yangının başlamasının önlenmesi için ve yangının oluşturacağı hasarın yönetilmesi için gereklidir.

Gerekli olan organizasyonel önlemler;

Tutuşma kaynağı kontrolü (Sıcak çalışma izinleri, sigara içilme alanlarının yönetimi ve açık alevin belirli bölgelerde yasaklanması, pişirme işlerinin belirli bölgelerde sınırlandırılması ve kontrolü, elektriksel sistemlerin kontrolü, denetimi ve testi, yanıcı parlayıcı sıvı, patlayıcı gaz bulunduran alanlarda ve bu malzemelerin taşınmasında

alınması gereken önlemler, tesisin temizlik ve düzeni, yerleşkelerde olabilecek kullanım amacı değişikliklerin yönetimi).

Yangın durumunda acil durum organizasyonu (Yangına müdahale, kurtarma, koruma ve araştırma, ilk yardım ekipleri eğitimi, yangın tahliye tatbikatları).

Yangından korunum sistemlerinin sürekli istenen performansta servise hazır olduğundan emin olmak için bu sistemlerin periyodik bakımı ve denetimi.

Yangından korunum sistemlerinin kurulumu aşamasında alınması gereken önlemler; Mimari uygunluk ve yapısal yangın dayanımı, yangın ve duman bölümlendirmesi, yangın durdurucu detaylar, yangın tahliye olanakları yerleşimi, kapasitesi ve özellikleri. Yapısal yangından korunum sistemleri pasif yangından korunum sistemleri adı altında değerlendirilmelidir.

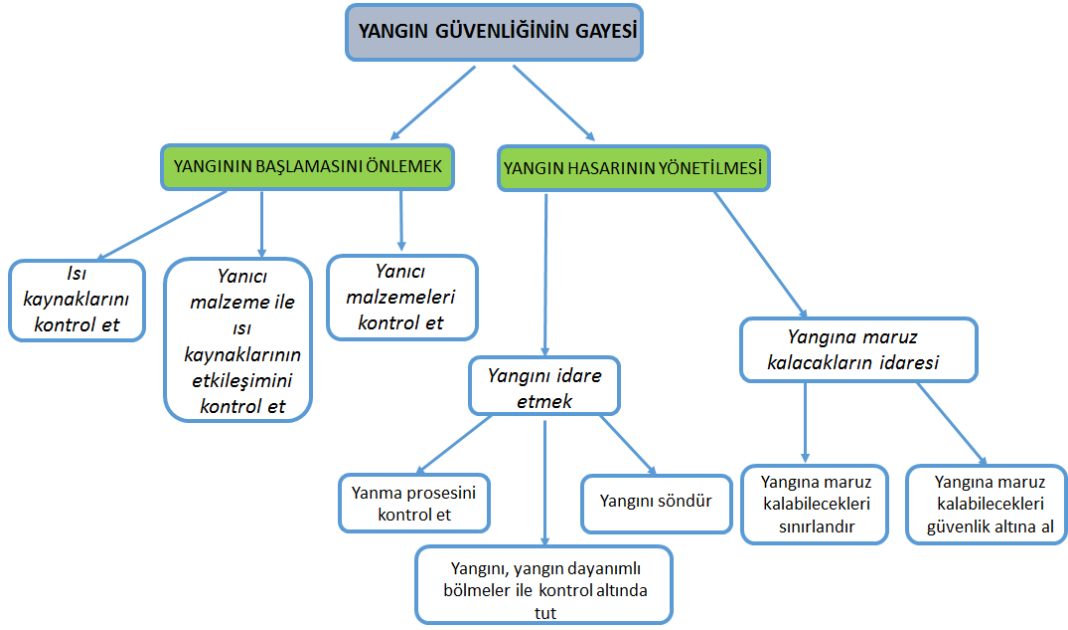
Aktif yangından korunum sistemleri başlığı altında, otomatik ve manuel yangın söndürme sistemleri, yangın algılama ihbar ve kontrol sistemleri duman kontrol sistemleri, elektromekanik sistem özellikleri değerlendirilir.

Yangın tahliye olanakları ve yapısal yangın dayanımı gereklilikleri kurulacak aktif yangından korunum sistemleri ile direkt ilgilidir ve bir bütün olarak tasarlanmalıdır.

Elektromekanik sistemler bina yapısal özelliklerine entegre biçimde yangın anında doğru biçimde çalışmalarını temin edecek şekilde tasarlanmalıdır.

Özetlemek gerekirse bir binanın yangından korunması ile ilgili adımlar aşağıdaki şema doğrultusunda gerçekleştirilebilir.





Şekil 2.1. Yangın güvenliği idaresi ile ilgili şema

## BÖLÜM 3. BİNA TAHLİYESİ VE YÖNETMELİKLERCE BELİRTİLEN GEREKLİKLER

### 3.1. Tahliye

Bir binada tahliye mesafesi, çıkışa ulaşım, çıkış ve çıkıştan tahliye için kat edilen mesafelerin toplamıdır. Bu mesafeler için BYKHY ve (Ülkemizde ilk uygulanması gereken standartlar BYKHY de belirtilen kurallardır.) gerekli olması durumunda NFPA (National Fire Protection Association) veya diğer uluslararası standartlara başvurulabilir. Aşağıda tüm binalar için gerekli ortak gereklilikler açıklanmıştır. Bunun yanısıra BYKHY ve NFPA 101’ de yaşlı bakımevleri ile ilgili ayrıca gereklilikler de belirtilmiştir. Bir insanın binadan tahliyesi çıkışa ulaşım, çıkış ve çıkıştan tahliye olarak üç temel başlık altında açıklanabilir.

#### 3.1.1. Çıkışa ulaşım

Binaların Yangından Korunması Hakkındaki Yönetmeliğe göre çıkışlara maksimum ulaşım mesafeleri ve ulaşım yolları üzerindeki minimum kapı genişlikleri Tablo 3.1. de gösterilmiştir.

Tablo 3.1. BYKHY’e göre binalarda tahliye mesafeleri

Kullanım Sınıfı	Tek yön en çok uzaklık (m)		İki yön en çok uzaklık (m)		Birim genişlik için kişi sayısı				Çıkamaz koridor en çok uzaklık(m)	
	Yağmurlama Sistemi yok	Yağmurlama Sistemi	Yağmurlama Sistemi yok	Yağmurlama Sistemi	Kapı Açıklıklarında		Kaçış Merdivenlerinde	Rampalar ve Koridorlarda	Koridorlar	
				Dışarı çıkış kapıları	Diğer kapılar ve koridor kapıları					Yağmurlama Sistemi yok
Yüksek Tehlikeli Yerler	10	20	20	35	50	40	30	50	10	20
Endüstri Amaçlı Yapılar (1)	15	25	30	60	100	80	60	100	15	20

Tablo 3.1. (Devamı)

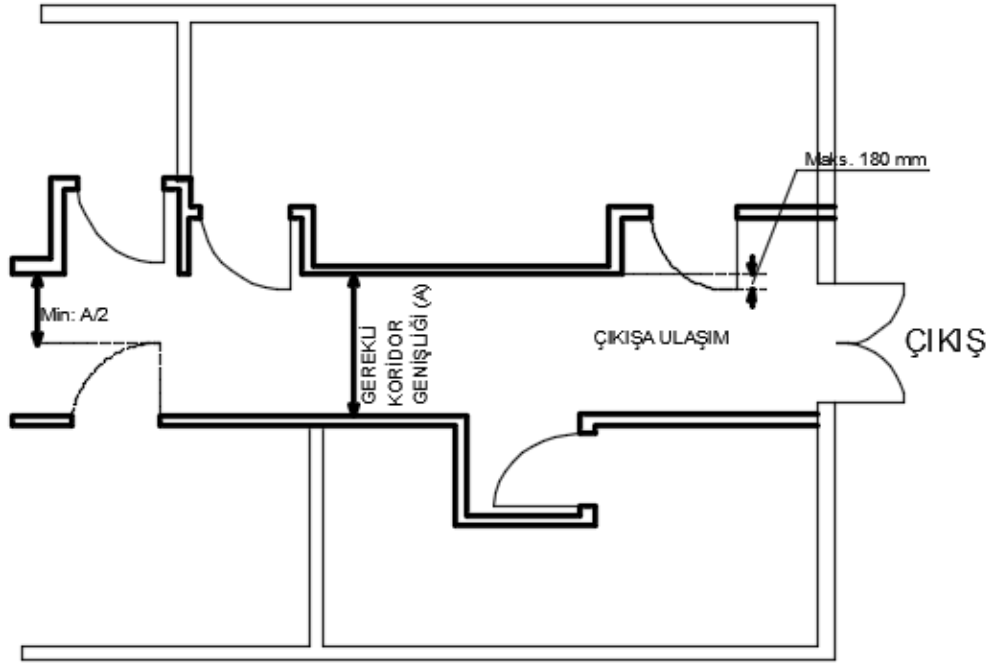
Yurtlar, Yatakhaneler	15	30	45	75	50	40	30	50	15	20
Mağazalar, Dükkanlar, Marketler	15	25	45	60	100	80	60	100	15	20
Büro Binaları	15	30	45	75	100	80	60	100	15	20
Otoparklar ve Depolar	15	25	45	60	100	80	60	100	15	20
Okul ve Eğitim Yapıları	15	30	45	75	100	80	60	100	15	20
Toplanma Amaçlı Binalar	15	25	45	60	100	80	60	100	15	20
Hastaneler, Huzurevleri	15	25	30	45	30	30	30	30	15	20
Oteller, Pansiyonlar	15	20	30	45	50	40	30	50	15	20
Apartmanlar	15	30	30	75	50	40	30	50	15	20
(1) Kolay alevlenici malzeme üretimi yapmayan endüstriyel amaçlı yapılarda tek ve iki yönlü uzaklık ½ oranında artırılabilir.										
Not: Kaçış mesafeleri için, dış kaçış geçitlerinde yağmurlama sistemli binalardaki, açık otoparklarda ise yağmurlama sistemli otopark kaçış mesafeleri esas alınır.										

Tablo 3.2. NFPA101'e göre binalarda tahliye mesafeleri (ilgili bölümler alınmıştır.)

Kullanım Sınıfı	Tek yön en çok uzaklık (m)		İki yön en çok uzaklık (m)		Çıkamaz koridor en çok uzaklık(m) Koridorlar	
	Yağmurlama Sistemi yok	Yağmurlama Sistemi	Yağmurlama Sistemi yok	Yağmurlama Sistemi	Yağmurlama Sistemi yok	Yağmurlama Sistemi
	Gün içinde bakım yapılan yapılar	23	30	46	61	6,1
Tam zamanlı bakım yapılan ve tedavi yapılan yapılar	N/A	30	N/A	61	N/A	9,1

NFPA yaşlı bakımevlerini gün içinde bakım yapılan yapılar ile tam zamanlı bakım yapılan ve gerektiğinde tedavi de yapılabilen binalar olarak ayırmaktadır. (Tablo 3.2.) Her iki bina tipi için de tek yönde tahliye mesafesi yağmurlama sistemi bulunmayan binalarda 23 metre, yağmurlama sistemi bulunan binalarda 30 metredir. İki yönlü tahliye mesafesi ise yağmurlama sistemi bulunmayan binalarda 46 metre, yağmurlama sistemi bulunan binalarda 61 metredir. Tedavi merkezleri ve tam zamanlı bakım yapılan hastane gibi merkezlerde yağmurlama sistemi bulunması zorunludur.

Çıkışa ulaşım yolları üzerindeki koridorlara açılan kapıların, açıldığı durumda gerekli olan koridor genişliğinin yarısını daraltmayacak şekilde düzenlenmesi gerekir.



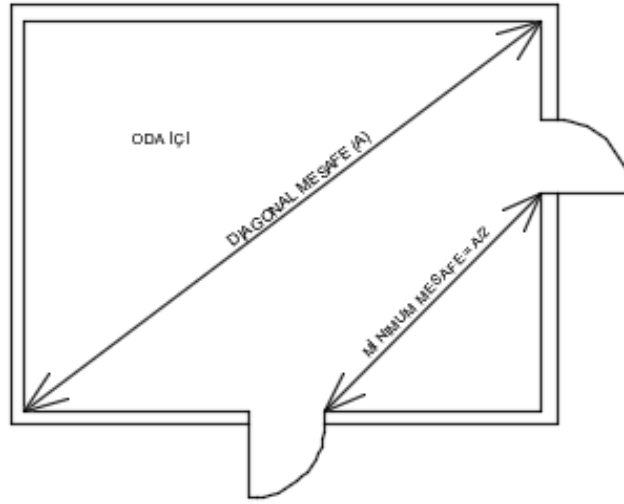
Şekil 3.1. NFPA'ye göre koridor geçişlerinin belirlenmesi ile ilgili örnek [2].

### 3.1.2. Çıkış

Çıkış başlığı altında yangın holleri ve kaçış merdiveni özellikleri ve merdiven kapı, basamak, sahanlık, yer kaplaması, tırabzanlar detaylandırılıp yönetmeliklere göre incelenecektir.

25 kişinin aşıldığı yüksek tehlikeli binalarda ve 50 kişinin aşıldığı her mekânda en az 2 adet çıkış tesis edilecektir. Çıkışların birbirine alternatif oluşturabilmesi, çıkış lokasyonlarının belirlenmesinde başlıca dikkat edilecek noktadır.

2 veya daha fazla çıkış olan odalarda ve bina yangın merdiveni kapılarında iki çıkış arasındaki mesafe, kat veya oda diyagonal mesafesinin minimum üçte biri kadar olmak zorundadır. Yağmurlama sistemi bulunmayan mekanlarda iki kaçış arasındaki mesafe, kat veya oda diyagonal mesafesinin yarısı kadar olmalıdır [1] [2].



Şekil 3.2. Diyagonal mesafe ve çıkış kapıları arasındaki mesafe ile ilgili örnek [2].

Bunun haricinde tahliye edenlerin izlediği yol her çıkış için birbirine alternatif olabilecek şekilde seçilecektir.

Çıkış kapıları temiz genişliği 800 mm'den daha dar olmamalıdır [1].

Çıkışlara kaçış merdivenleri de dahildir; kaçış merdiveni basamak özellikleri Tablo 3.3.'e uygun olmalıdır.

Tablo 3.3. Kaçış merdiveni basamak özellikleri

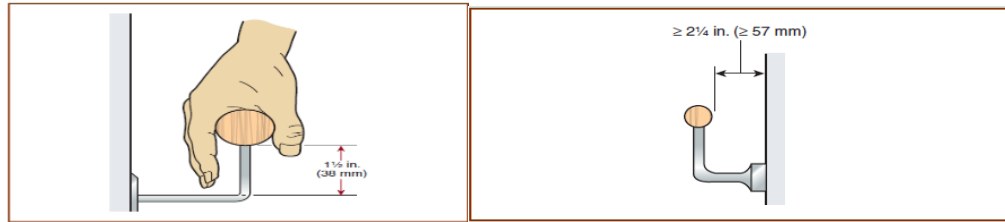
Bölüm	Ölçüm
Minimum genişlik	Kapasite hesabı sonrası belirlenir
Maksimum basamak yüksekliği	175mm-185mm*
Minimum basamak yüksekliği	125mm-100mm*
Minimum basamak derinliği	250mm-280mm*
Sahanlıklar arası maksimum kot farkı	3000mm(veya 17 basamak)- 3660mm*
Sahanlıklar arası minimum kot farkı	4 basamak
Minimum sahanlık uzunluğu	Merdiven genişliğine eşit veya daha büyük
Minimum baş mesafesi yüksekliği	2100mm-2030mm*

\* NFPA 101 ölçülerini göstermektedir.

Kaçış merdivenlerinin her iki tarafına da korkuluk veya küpeşte yapılmalıdır. Küpeştenin merdivenden yüksekliği NFPA101'e göre 86 cm ile 96 cm arasında olmalı

maksimum çıkıntısı 9 cm’i geçmemelidir. (Bu çıkıntının BYKHY’e göre sadece 8 cm’i merdiven genişliğine dahil edilir.)

Tutamak ile duvar arası mesafe en az 5 cm olmalıdır. Tutamağın kavranabilmesi için en az 4 cm derinlikte parmak sokma mesafesi boş olmalıdır [2].

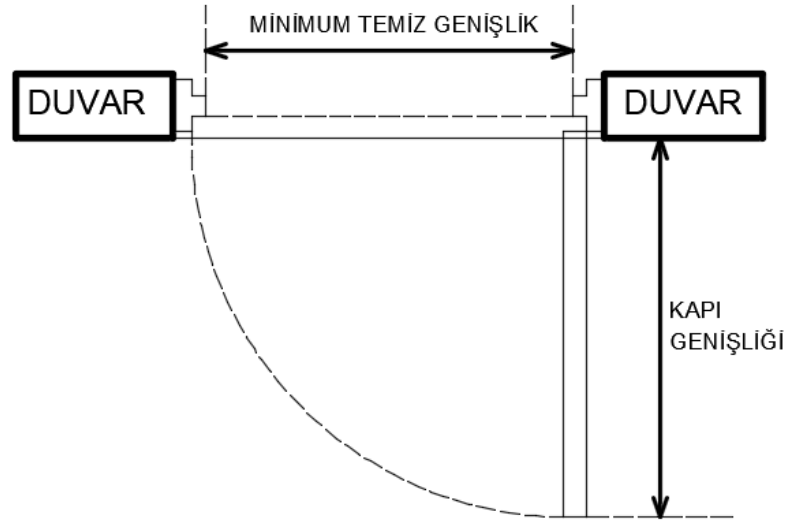


Şekil 3.3. Kapı tutamaçları ile ilgili örnek gösterim [2].

Yangın merdiveni yangın kapıları dayanımı minimum 90 dakika olacaktır.

Yangın güvenlik holleri taban alanı BYKHY’e göre minimum 3 m<sup>2</sup> maksimum 6 m<sup>2</sup> olabilir. Yangın güvenlik holü uzunluğu minimum 1,8 metre olmalıdır. Yangın güvenlik holü acil durum asansörüne de hitap ediyor ise en az 6 m<sup>2</sup> en çok 10 m<sup>2</sup> olabilir ve herhangi bir boyutu 2 metreden daha az olamaz. Yangın güvenlik holü kapıları 90 dakika yangın dayanımlı olmalıdır [1].

Yangın kapıları genişliği minimum 80 cm yüksekliği minimum 210 cm olmalı, kullanıcı yükü 50 kişiyi geçer ise kapılar kaçış yönünde açılacak şekilde olmalıdır. Kapılardaki temiz genişlik Şekil 3.4. deki gibi ölçülür [1].



Şekil 3.4. Kapı genişliği ölçümü ile ilgili örnek gösterim [2].

Merdivenden tabii zemin seviyesinde güvenli bir alana açılan bütün kapılar ile bir kattaki kişi sayısının 100'ü geçmesi halinde, kaçış merdiveni, kaçış koridoru ve yangın güvenlik holü kapıları kaçış yönünde kapı kolu kullanmadan veya panik barlı açma düzenekleri kullanılarak açılacak tipte olmalıdır [2].

Kapıların en çok 110 N kuvvet ile açılacak yapıda olması gerekir [1].

Yangın durumunda kapıların merdiven boşluğundan da açılabilir olması, insanların tahliye seviyesinden tahliye edemedikleri durumda merdiveni kullanarak üst katlara tekrar girebilmelerini sağlamak için gereklidir. Ayrıca itfaiye müdahale için merdiven boşluklarını kullanabilir bu durumda da merdiven tarafından katlara giriş yapabilme imkânı sağlanmalıdır.

### 3.1.3. Çıkıştan tahliye

Çıkıştan tahliyelerin en az %50'sinin direkt olarak tabii zemin seviyesinde güvenli bir alana açılması gerekir bu alandan en yakın halka açık caddeye yangına maruz kalmadan kolay ulaşılması gerekir.

Çıkış tahliyenin tahliye katı içerisine açılması durumunda tahliye katında çıkış tahliye ile dışa açılan kapı arasındaki en fazla seyahat mesafesi 15 metre olabilir. Bu mesafenin aşılması durumunda güvenli tahliye koridoru inşa edilmelidir [1].

### 3.2. Tahliye Kapasitesi

Yapı genelinde çeşitli kullanım amaçlı odalar ile katlar bulunabilir. Bu katlardaki insan yükleri hesabında içerisinde bulunacak insan sayısı bilinen alanlar için gerçek insan yoğunluk değerleri kullanılabilir. İçerisinde bulunacak insan sayısı bilinmeyen alanlar için kullanıcı yükü BYKHY’den alınacak değerler kullanılarak belirlenir. Bakımevleri için özel olarak kullanıcı yükü belirtilmemiş olsa da hastane yatak odaları kullanıcı yükü belirlenmesi adına referans olabilmektedir. Örnek vermek gerekirse hastane yatak odaları ve hemşire odaları için 20 m<sup>2</sup> alan içerisinde 1 kişi olarak tahliye kapasitesi belirlenebilir.

Tablo 3.4. BYKHY’ye göre kullanıcı yükü tablosu

	Kullanım Alanı	m <sup>2</sup> /kişi	
1	Konferans salonu, çok amaçlı salonlar (balo vs), lokanta, kantin, bekleme salonları, konser salonları, sinema ve tiyatro salonları, topluma açık stüdyo, düğün salonu vb.	1.5	
2	Dans salonları, bar, gece kulüpleri ve benzeri yerler	Oturulan kısımları için	1.0
		Ayakta durulan kısımları için	0.5
3	Sergi alanları, stüdyolar (film, radyo, televizyon, kayıt)	1.5	
4	Terminallerin yolcu geliş gidiş bekleme salonları	3	
5	Derslikler, bilgisayar odaları, seminer salonları	1.5	
6	Resepsiyon alanları, bekleme alanları, atrium zemini	3	
7	Çok amaçlı spor tesisleri	3	
8	Süpermarketler, mağazalar, dükkânlar	5	
9	Sanat galerileri, müzeler, atölyeler	5	
10	Fitnes merkezleri, aerobik salonları, okuma salonları	5	
11	Ofisler, dernek merkezleri, halk kütüphaneleri	10	
12	Öğrenci yatak odaları	10	
13	Paketleme yerleri, fabrika üretim alanları	10	
14	Hastane yatak odaları, hemşire odaları	20	
15	Mutfaklar, çamaşırhaneler	10	
16	Otel yatak odaları	20	
17	Hastane laboratuvarları, eczaneler	20	
18	Muayenehane, öğrenci laboratuvarları	5	
19	Depolar, ambarlar, makina daireleri	30	
20	Otoparklar	30	

Kullanıcı yükü; gerekli kaçış ve panik hesaplarında kullanılmak üzere 1, 2, 3 ve 4. satırlarda yeralan kullanım alanlarında net alana, diğer satırlarda yeralan kullanım alanları için brüt alana göre hesaplanır. Kişi sayısı belirli olan mahallerde, yukarıdaki değerlere göre hesaplanan değerden az olmamak üzere, belirtilen kişi sayısı esas alınır.



Bu değerler NFPA de Tablo 3.5. de belirtilmiştir. Kullanıcı yükü ilgili tabloya göre uyuma alanlarında 11,1 m<sup>2</sup> alan içerisinde 1 kişi, tedavi bölgelerinde ise 22,3 m<sup>2</sup> alan içerisinde 1 kişi olarak belirlenmiştir.

Tablo 3.5. NFPA101'e göre kullanıcı yükü tablosu (İlgili bölümler alınmıştır.)

	Kullanım Alanı	m <sup>2</sup> /kişi
1	Yatarak tedavi edilen hasta bölümü	22,3
2	Uyuma bmleri	11,1
3	Ayakta sağlık hizmetleri	14

BYKHY gerekliliklerine göre toplam kullanıcı yükü 25 kişinin aşıldığı yüksek tehlikeli meknlar ile 50 kişinin aşıldığı her mekânda en az 2 çıkış bulunması şarttır. 500 ila 1000 kişi arasında olan meknlarda birbirine alternatif en az 3 kaçış bulunmalıdır. 1000'den fazla kullanıcı yükü bulunan katlarda en az 4 kaçış bulunmalıdır.

### 3.3. Yaşlı Bakım Evleri için zel Gereklilikler

Sağlık yapıları kapsamında olan, hastanelerde, yaşlılar için dinlenme ve bakımevleri ve bedensel ve zihinsel engelliler için olan bakımevlerinde aşağıda belirtilen şartlara uyulmalıdır.

- Kullanıcı yükü 15 kişiye aşan herhangi bir hasta yatak odası veya sit oda için birbirinden uzakta konuşlandırılmış 2 kapı bulunması gerekir.
- Hastanelerin ve bakımevlerinin 300 m<sup>2</sup>'den büyük olan yatılan katlarının her biri, en az yarısı büyüklüğünde iki veya daha fazla yangın kompartımanına ayrılır veya korunumlu yatay tahliye alanları teşkil edilir. Yatay tahliye alanlarının hesaplanmasında kullanıcı yükü 2.8 m<sup>2</sup>/kişi olarak dikkate alınır [1].

BYKHY haricinde Sağlık Bakanlığı hastane yönetimine yönelik Yataklı Tedavi Kurumları İşletme Yönetmeliği'ni yayımlamıştır. Bu yönetmelikte "Yataklı Tedavi Kurumları" adı altında daha geniş bir tanım kullanmıştır. Bu kurumlar hasta ve yaralıların, hastalıktan şüphe edenlerin ve sağlık durumlarını kontrol ettirmek

isteyenlerin, ayakta veya yatarak müşahede, muayene, teşhis, tedavi ve rehabilite edildikleri aynı zamanda doğum yapılan yerler olarak ifade edilmiştir [3].

### 3.4. Elektriksel Gereklikler

Hasta bakımevleri ve huzur evleride, bütün kaçış yollarında, toplanma için kullanılan yerlerde, asansörde atölye ve laboratuvarlarda, elektrik dağıtım ve jeneratör odalarında, merkezi batarya ünitesi odalarında, pompa istasyonlarında, kapalı otoparklarda, ilk yardım ve emniyet ekipmanının bulunduğu yerlerde, yangın uyarı butonlarının ve yangın dolaplarının bulunduğu bölümler ile benzeri bölümlerde ve aşağıda belirtilen binalarda, acil durum aydınlatması yapılması şarttır.

Acil durum aydınlatmasının normal aydınlatmanın kesilmesi hâlinde en az 60 dakika süreyle sağlanması şarttır. Acil durum çalışma süresinin kullanıcı yükü 200'den fazla olduğu takdirde en az 120 dakika olması gerekir.

Kaçış yolları üzerinde aydınlatma ünitesi seçimi ve yerleştirilmesi, tabanlarda, döşemelerde ve yürüme yüzeylerinde, kaçış yolunun merkez hattı üzerindeki herhangi bir noktada acil durum aydınlatma seviyesi en az 1 lux olacak şekilde yapılır. Acil durum çalışma süresi sonunda bu aydınlatma seviyesinin herhangi bir noktada 0.5 lux'den daha düşük bir seviyeye düşmemesi gerekir. En yüksek ve en düşük aydınlatma seviyesine sahip noktalar arasındaki aydınlatma seviyesi oranı 1/40'dan fazla olamaz [1].

Tesiste acil durum yönlendirme göstergeleri bulunmalıdır. Yönlendirme göstergeleri acil aydınlatma sistemi ile aydınlatılacaktır. Acil durum yönlendirmesinin normal aydınlatmanın kesilmesi hâlinde en az 60 dakika süreyle sağlanması gerekir. Kullanıcı yükünün 200'den fazla olması hâlinde, acil durum yönlendirmesinin çalışma süresinin en az 120 dakika olması şarttır. Yönlendirme işaretleri; yeşil zemin üzerine beyaz olarak, ilgili yönetmelik ve standartlara uygun sembolleri ve normal zamanlarda kullanılacak çıkışlar için "ÇIKIŞ", acil durumlarda kullanılacak çıkışlar için ise, "ACİL ÇIKIŞ" yazısını ihtiva eder. Yönlendirme işaretlerinin her noktadan

görülebilecek şekilde ve işaret yüksekliği 15 cm'den az olmamak üzere, azami görülebilirlik uzaklığı; dışarıdan veya kenarından aydınlatılan yönlendirme işaretleri için işaret boyut yüksekliğinin 100 katına, içeriden ve arkasından aydınlatılan işaretlere sahip acil durum yönlendirme üniteleri için işaret boyut yüksekliğinin 200 katına eşit olan uzaklık olması gerekir. Bu uzaklıktan daha uzak noktalardan erişim için gerektiği kadar yönlendirme işareti ilave edilir. Yönlendirme işaretleri, yerden 200 cm ilâ 240 cm yüksekliğe yerleştirilir [1].

## **BÖLÜM 4. BİLGİSAYAR TEMELLİ TASARIM VE ÖNEMLİ KAVRAMLAR**

İnsanları içeren sistemleri incelemek zordur çünkü gerçekçi deneyler imkansız olabilir ve bazı durumlarda ne geçmiş deneyimler ne de mevcut veriler herhangi bir yangın durumu için yeterli öngörü sağlamamıza yeterli olamaz. Günümüzde bilgisayar destekli simülasyon modellerinin kullanılmasıyla bu zorlukların üstesinden gelinmeye başlanılmıştır. Simülasyon modelleri, sıradan ve kısmi diferansiyel denklemleri içeren problemleri incelemek için bilim, mühendislik ve matematikte yaygın olarak kullanılmaktadır. Örneğin yangın biliminde, duman hareketi ve zehirli maddelerin emilimi gibi olayları ele almak için simülasyon modelleri kullanılmıştır.

Simülasyon modelleri, incelenen sistemi, sistemin bireysel bileşenlerinin, ayrı ayrı olayları açısından tanımlar. Genel anlamda, yangından korunma ile ilgili simülasyon modeli, insan (tahliye veya çıkış) ve fizik (yangın etkileri) bileşenlerine ayrılabilir. Simülasyon modeli daha sonra bu parçaları doğal sıralarında birleştirir ve bilgisayarın birbirleri üzerindeki etkileşimlerinin etkisini sunmasını sağlar. Model oluşturulduktan sonra veriler belirtilir ve modelin simülasyonu için çalıştırılır. Bilgisayar yazılımı ve donanımındaki gelişmeler, ana maliyetleri büyük ölçüde düşürmektedir ve simülasyon modellerinin kullanımı bu sayede basitleşmiştir.

SFPE, performansa dayalı tasarım için yangın senaryolarının belirleyici ve / veya olasılıklı analizine dayalı olarak yangından korunma tasarımına yönelik bir mühendislik yaklaşımı ile kabul edilen mühendislik araçları, metodolojileri ve performans kriterleri kullanılarak yangın güvenliği amaç ve hedeflerine göre tasarım yapılmasını hedeflemektedir. Bu tanım, performansa dayalı tasarımın üç temel özelliğini tanımlar. Birinci unsur, yangın durumunda bir binada (veya başka bir yapıda) istenen yangın güvenliği seviyesinin bir açıklamasıdır. İkinci unsur, binanın tasarım temelini tanımlar. Tasarım temeli, binadaki yangın güvenliği sistemlerinin

amaçlanan yangın türleri, bina sakinleri ve bina özelliklerine göre tanımlanmasıdır. Üçüncü unsur, belirlenen yangın senaryoları durumunda amaçlanan güvenlik seviyesini sağlayıp sağlamadıklarını belirlemek için önerilen tasarım stratejilerinin mühendislik analizini içerir. Bunun için dört tür performans tanımlamaktadır:

- Bileşenlerin performansı
- Çevresel performans
- Tehditlerin potansiyel performansı
- Potansiyel risklerin analizi

Bileşen performans analizinde, tek tek bileşenler ve sistemler, performanslarının diğerlerinin performansını nasıl etkileyebileceği veya bundan nasıl etkileneceği dikkate alınmadan ayrı olarak tasarlanır. Örneğin kullanılan yangın algılama dedektörünün özellikleri, yağmurlama başlığının kapsama alanı ve aktivasyon sıcaklığı gibi özellikleri belirtilir.

Çevresel performans analizinde bir bina veya binanın bir kısmı içinde izin verilen maksimum yangın koşullarının tanımlanmasını içerir. Sıcaklık, ısı akışı veya yanma ürünlerini içerebilir. Çevresel performans yaklaşımları, bir yangın çıkması durumunda tolere edilebilecek koşulları belirler. Çevresel performans yaklaşımına yangın önleme stratejilerinin dahil edilmesi mümkün değildir. Çevresel performans yaklaşımına bir örnek, bir atriyumdaki duman katmanının, bulunabilen en yüksek seviyenin üzerindeki belirli bir yüksekliğin altına inmemesi gerekliliği olabilir. Bu kritere ulaşabilecek herhangi bir tasarım kabul edilebilir ve performans gerekliliği bunun nasıl başarılabileceğini belirtmez veya sınırlamaz.

Tehdit potansiyel performansı, can, mal, iş sürekliliği veya doğal çevre için kabul edilebilir maksimum tehdidin tanımlanmasını içerir. Yangından korunması istenen öğeleri çevreleyen ortamdaki maksimum kabul edilebilir koşulların ifadelerini içeren çevresel performans gerekliliklerinden farklı olarak, tehdit potansiyeli performansı korunan öğe veya öğelerin maksimum tolere edilebilir koşullarının bir ifadesini içerir.

Risk potansiyeli analizinde, yangın olaylarının meydana gelme olasılıklarının neler olabileceğini ve sonuçları belirtilir. Bu tür bir yaklaşımı uygularken, bir tasarımcı tüm olası yangın olaylarını ve bunların potansiyel sonuçlarını değerlendirmelidir.

Performansa dayalı tasarım genel bir süreci tanımlar. Belirli bir method ile ilerlemek gerekir. Yangında insan davranışı methodu, tasarım ve analiz sürecinin çeşitli kısımlarında dikkate alınması gereken tamamlayıcı bir belgedir ve tüm süreçte uygulanabilir. İnsan hayatının korunmasının bir yangın güvenliği hedefi olduğu performansa dayalı tasarım sürecinde ihtiyaç duyulan nicel ve nitel analize yardımcı olacaktır [4].

Son 30 yılda performansa dayalı analiz ve tasarım metodolojilerinin ve kılavuzlarının geliştirilmesiyle, yangından korunma mühendisliğinde insan davranışını ele alma ihtiyacı net bir şekilde kabul edildi. Dünya çapında bir perspektiften, 1980'lerde eksik olan insan davranışını değerlendirmek için rehber kılavuzlar ve metodolojiler oluşturulmaya başlandı. Avustralya, Asya, Avrupa ve Kuzey Amerika'dan kuruluşlar, insan davranışına olan bu artan ilgiye katkıda bulunmuştur. Tablo 4.1. tasarımcılara yangın sırasında insan davranışını ele almak için yön, veri ve / veya tasarım performans hedefleri sağlayan önemli uluslararası mühendislik rehberlik belgelerini listelemektedir.

Tablo 4.1. Uluslararası mühendislik tasarım standartları [5].

Birleşik Krallık	PD7974-6
Yeni Zellanda	C/VM <sup>2</sup>
Avustralya	International Fire Engineering Guideline
Japonya	Comprehensive Fireproof Building Design Methods
ISO	ISO16738, ISO13571, ISO29761

Performansa dayalı yangın güvenliği tasarımı, can güvenliğini sağlamak için temel fiziksel ve yönetim hükümlerini de dikkate alır, ancak tasarım değerlendirmesi, insanların ve diğer canlıların göreceli bir güvenlik yerine (gerekirse) ulaşması veya nihai güvenliğin olduğu bir yere ulaşması için mevcut zaman arasındaki zamana dayalı bir karşılaştırmaya bağlıdır. Gereken güvenli kaçış süresi (GGKS) olarak adlandırılan

bu süre, mevcut güvenli kaçış süresi (MGKS) ile karşılaştırılarak tasarımının performansı karşıladığını göstermenin bir yolu sağlanır.

Standart tasarım kodlarından ve standartlarından kaçınılmaz tasarım sapmaları olduğunda (bina tasarımının karmaşıklığından dolayı), kabul edilebilir seviyede yangın güvenliği performansına ulaşılabilmesi şartıyla performansa dayalı bir tasarım kullanılabilir [6].

Hem kural koyucu otoritelerin hem de performansa dayalı can güvenliği tasarımının temeli, tahliye olacak kişilerin yangına maruz kalmadan korunması için belirlenen kurallar ve kaçış yolları için gerekli mimari hükümlerden oluşur. Bunlar genel olarak şunları içerir:

- Yeterli kaçış yolu imkânı sağlanması (çıkışların sayısı ve genişliği ve korumalı kaçış yolları, çıkışlara olan seyahat mesafeleri);
- Kullanıcı sayısı ve yoğunluğu hakkında tahminler ve kontroller
- Uyarıların sağlanması (manuel veya otomatik algılama ve alarm sistemi, yeterli sayıda yangın ihbar butonu sağlanması);
- Acil durum yönlendirme ve acil durum aydınlatma sistemlerinin sağlanması;
- İnsanların bulunabildiği bir yere iletişim araçlarıyla sığınak tesislerinin sağlanması;
- Alevin yayılmasına karşı direncin kontrolü ve ısı salınım hızı ve yangın büyüme hızı üzerindeki sınırlama yoluyla iç ve dış yangının yayılması engellenmesi;
- Yangın ayırma (bölmeler arasında pasif koruma, kaçış yollarının pasif korunması, yangın ve duman kapıları bulunması);
- Aktif yangından korunma (yağmurlama sistemi ya da otomatik gazlı, tozlu söndürme sistemleri, duman tahliyesi).

Performansa dayalı tasarıma yönelik genel süreç için SFPE aşağıdaki adımların uygulanarak ilerlenmesini önerir. Bu adımlar;

1. Proje Kapsamını Tanımlama
2. Hedefleri Belirleme
3. Hedefleri Tanımlama
4. Performans Kriterlerini Geliştirme
5. Yangın Senaryoları Geliştirin ve Yangın Senaryolarını Tasarlama
6. Deneme Tasarımları Geliştirme
7. Yangından Korunma Mühendisliği Tasarım Özeti Hazırlama
8. Deneme Tasarımlarını Değerlendirme
9. Nihai Tasarımı Seçme
10. Tasarım Belgeleri Oluşturma
11. Değişkenleri Yönetme

Süreç öncelikle kapsamın ortaya konması ile başlar. Kapsama, yapının hangi kısımları içermekte veya bu yöntem yapının hangi özellikleri ile ilgili gibi soruların cevaplarının tespit edilmesidir.

İnsan yaşamıyla ilgili ortak yangın güvenliği hedefi, basitçe bir bina tasarımının ciddi yaralanma veya ölümlerle sonuçlanabilecek yangın koşullarıyla karşılaşmadan önce tahliye veya güvenli bir yere ulaşmak için makul ölçüde yeterli zaman sağlamasıdır. Sıklıkla kaydedilen önemli bir ayrım, yangın kaynağı veya yanan malzemelerle yakın olan bina sakinlerinin etkin bir şekilde dikkate alınmamasıdır. Sonuç olarak, standartlarda ele alınan insan kaçış senaryoları, kişilerin yangınla temas halinde olmadığı ya da çok yakın olmadığı senaryolardır.

Dünyada kabul görmüş diğer performans kodlarında ve uluslararası yangın belgelerinde sunulan kılavuzlar, genel olarak altı anahtar madde üzerinde yoğunlaşmıştır. Bu maddeler aşağıda belirtilen şekilde sıralanabilir.

- Yapı Özellikleri
- Tahliye Stratejileri ve Prosedürleri
- Tahliye Olan Kişilerin Özellikleri
- İnsan Davranışı / Tahliyeden Önceki İşlemler



- Hareket / Yer Değiştirme Sırasında Yolcu Davranışı / Eylemleri
- Kişinin Yangın Ortamına Maruz Kalması

Hem bina özellikleri hem de tahliye stratejileri, tanımlanması gereken ve tahliye süresini etkileyebilecek bina sakinlerinin davranışlarını tahmin etmek ve değerlendirmek için önemli olan nispeten statik veya önceden planlanmış özelliklerdir. Bina ve tahliye stratejisinin (veya eksikliğinin) net bir şekilde anlaşılması, bina sakinlerinin özelliklerine, bina sakinlerinin davranışlarına ve eylemlerine, bina sakinlerinin hareketine ve bina sakinlerinin yangına maruziyetinin toplu olarak değerlendirilmesine olanak tanır.

#### **4.1. Performans Temelli Tasarımın Avantaj ve Dezavantajları**

Performansa dayalı tasarım, kuralcı tasarıma göre bir dizi avantaj ve dezavantaj sunar. Kullanılan tasarım yaklaşımı, belli bir bakış açısına göre avantajlar ve dezavantajları belirler.

Avantajları:

- Performansa dayalı tasarım, tasarımcının bir binanın benzersiz özelliklerini ve kullanımlarını ele almasını sağlar. Örneğin bir alışveriş merkezinde bulunabilecek mağaza türlerinin her biri, yangın yönetmelikleri altında aynı doluluk sınıflandırmasına sahip olabilir ve bu nedenle benzer yangından korunma stratejileri gerektirebilir. Bununla birlikte, depolar önemli ölçüde farklı yangın tehlikeleri içerebilir. Bazıları yanıcı sıvılar içerebilirken, diğerleri çok az yanıcı madde içerebilir veya hiç içermeyebilir. Bu avantajın doğal bir sonucu, performansa dayalı tasarımların artan maliyet etkinliğidir.
- Performansa dayalı tasarım, bir binanın yangın durumunda nasıl performans göstereceğinin daha iyi anlaşılmasını sağlar. Yönetmelik ve standartlar yangına karşı "güvenli" bir bina oluşturmayı amaçlamaktadır. Bununla birlikte, neyin güvenli olduğu genellikle tanımlanmamıştır. Benzer şekilde, binanın yangın güvenliğini sağlaması amaçlanan yangın türleri de tanımlanmamıştır. Bunun

açıklanabilmesi için iki yangın senaryosu kullanılabilir. Örneğin dikkatsizce atılan sigara izmariti, yüksek katlı bir konut binasının yangın senaryosu uygulanmasında tasarım temeli içinde yer alacaktır. Ancak, kazayla binanın lobisine düşen bir yanıcı sıvı muhtemelen yanıcı kaynak ile temas etmeyecektir. Bu iki uç noktada, çok çeşitli olası olaylar olabilir. Olası yangın başlangıcı yangının ilerleyişini, hızını ve gücünü de etkileyecektir.

- Dezavantajları:
- Performansa dayalı tasarım, yönetmeliksel tasarıma göre uygulanması ve gözden geçirilmesi için daha fazla uzmanlık gerektirir. Yönetmeliğe göre yapılan tasarım yalnızca ilgili yönetmeliğin ya da standartın gereksinimlerini karşılayan bina özelliklerinin ve sistemlerinin seçimini gerektirir. Bu tür bir tasarımın kabul edilebilirliğinin doğrulanması da aynı derecede basittir. Performansa dayalı tasarımın yürütülmesi ve gözden geçirilmesi, kuralcı yönetmelik temelli tasarıma göre daha fazla zaman alabilir.
- Performansa dayalı tasarım, yönetmelik kurallarına dayalı tasarıma göre değişime daha duyarlı olabilir. Bir binanın veya bir kısmının kullanımındaki değişikliklerin yangın güvenliği üzerindeki etkisi tasarımda düşünülmemişse, yangın durumunda uygun olmayacak bir performans neden olabilir. Kurallara dayalı yönetmeliksel tasarımlarda, değiştirilen kısım standartlarda belirtilen kullanıcı doluluk oranı dâhilinde kalırsa, kullarımdaki değişiklikler kabul edilebilir. Başka bir örnek ise bir ofis binasındaki kiracı tadilatları sırasında duvarların değiştirilmesi ile sprinkler sisteminin artık geçerli kanunlara ve standartlara uygun olmamasına neden olabilir [7].

## **4.2. Performans Bazlı Tasarımda Kontrol Edilmesi Gereken Başlıca Kriterler**

### **4.2.1. Gerekli tahliye süresi**

Can güvenliğinin amaç olarak edinildiği tasarımlarda temel konu, olası yangında ortamda Mevcut Güvenli Kaçış Süresi (MGKS) ile Gereken Güvenli Kaçış Süresinin (GGKS) bilimsel yöntemler ile hesaplanarak yerleşkenin yangına karşı güvenli olmasını sağlamaktır.

MGKS'in belirlenebilmesi için bir mühendislik tasarımı yangın senaryosunun gerekli olması gibi, GGKS'in belirlenmesi için de bir mühendislik tasarım davranış senaryosu gereklidir.

Tahliye öncesi ve tahliye sürelerinin tanımlanması, yolcu davranışının özelliklerinden oldukça etkilenir ve mevcut sistemlere bağlı olarak algılama ve alarm süreleri de birçok faktörden etkilenebilir. Bu konuyu ele almak, az sayıda temel özellikleri belirtmek için yolcu davranışının bir dizi temel niteliksel özelliğinin kullanıldığı bir yöntem geliştirilmiştir.

Tahliye sırasında insan davranışları, bir dizi faktöre bağlıdır: Bunlar;

1. Bina özellikleri (özellikle bina kullanım amacı, tespit yöntemi ve uyarıların sağlanması, yangın güvenliği yönetim sistemleri ve bina yerleşimi);
2. Bina sakinlerinin özellikleri (özellikle bina sakinlerinin uyanıklık veya uyuma durumları) ve bina sistemlerine aşinalığı;
3. Yangın dinamikleri bina sakinlerinin yangın çıkışına maruz kaldığı durumlar
4. Yangına müdahale etkileri. Bu kategorilerin her birinde, herhangi bir tasarım durumu için dikkate alınabilecek çok çeşitli değişkenler vardır.

Tahliye olan insanların fiziksel ve zihinsel özellikleri ve bina özellikleri tahliye sürelerini etkileyebilse de, en önemli etmenler aşağıdaki gibi maddelendirilebilir.

Tahliye olan kişiler için:

- Sayı ve dağılım;
- Uyanık / uykuda durumları;
- Mekanı Tanımak ve eğitilmiş veya yabancı olmak;
- Fiziksel yetenek;

- Bilişsel yetenek;
- Bağımsız tahliye ile yardımcı tahliye ihtiyacı;

Binalar ve bina sistemleri için:

- Uyarı sistemi;
- Yangın güvenliği yönetimi ve personel / bina sakini eğitimi;
- Tekli veya çoklu kapalı alanlar ve mekansal karmaşıklık;
- Yangın senaryoları için:
- Yangın alarmları ve bina içindekiler için mevcut olan ipuçları ve
- Yangın ve yangın çıkışının özellikleri.

Tüm bu maddelerle birlikte acil durumlarda bina sakinlerinin tepkilerini yönlendiren değişkenler her birey için farklı ve karmaşık olmakla beraber, bina sakinlerinden oluşan gruplar halinde düşünüldüğünde, bir dizi ortak durum ve gelişen senaryolar belirlenebilir. Bunlar, tasarım amaçları için genel tahliye sürelerini tahmin etmede faydalı olabilecekleri kadar basit olabilir. Davranış aşamaları için nicel veriler, özellikle uyarı ve tahliye öncesi süreler, yangın güvenliği yönetimi ve yangın olayları sırasında yolcu davranışının gözlemlenmesiyle elde edilmiştir. Bu veriler daha sonra, kaçış ve tahliye sürelerinin tahmini için basit ama sağlam bir yöntem sağlamak amacıyla tahliye süresi hesaplamalarıyla birleştirilebilir.

Bu davranış senaryolarının her biri Tablo 4.2.'de özetlenmiştir. Her biri için, güvenlik yönetimi stratejilerine ve mevcut uyarı sistemine bağlı olarak alarm ve seyahat öncesi süreler için varsayılan süre türetilir. Ayrıca mekanın bilinirliği, kullanıcıların fiziksel durumları ve alarma tepki sürelerine göre farklılık gösterebilir.

Tablo 4.2. Kullanıcı çeşitlerine göre davranış senaryolarının sınıflandırılması [6].

Sınıf	Alarma tepki durumu	Binanın bilinirliği	Bina yoğunluğu	Korunan yer karışıklığı	Örnek bina sınıfları
A	Uyanık	Biliniyor	Az / Çok	Bir veya Birçok	Ofis,depo,endüstriyel tesis
B1	Uyanık	Bilinmiyor	Çok	Bir veya Az	Mağaza,restorant
B2	Uyanık	Bilinmiyor	Çok	Bir mekezi bölge	Sinema tiyatro salonları, sınıflar

Ci	Uykuda/Uzun süreli kullanılan binalar	Biliniyor	Az	Az	24 saat izlenmeyen konutlar
Cii	Uykuda/İzlene binalar	Biliniyor	Az	Az	Yurtlar, daireler
Cii,	Uykuda	Bilinmiyor	Az	Birçok	Oteller
D	Medikal binalar	Bilinmiyor	Az	Birçok	Hastaneler, bakımevleri
E	Ulaşım istasyonları	Bilinmiyor	Çok	Birçok	Tren istasyonları, hava alanları

Belirtilen kriterlere göre Gereken Güvenli Tahliye Süresi (GGKS) belirlenebilir. Kısaca  $MGKS > GGKS$  koşulu yerleşkenin güvenli olduğu durumdur. Tüm tasarımlarda bu koşulun sağlanması hedeflenir. GGKS değerinin matematiksel modellemesi formül 4.1. gibi tanımlanabilir.

$$GGKS = t_d + t_n + t_{p-e} + t_e \quad (4.1)$$

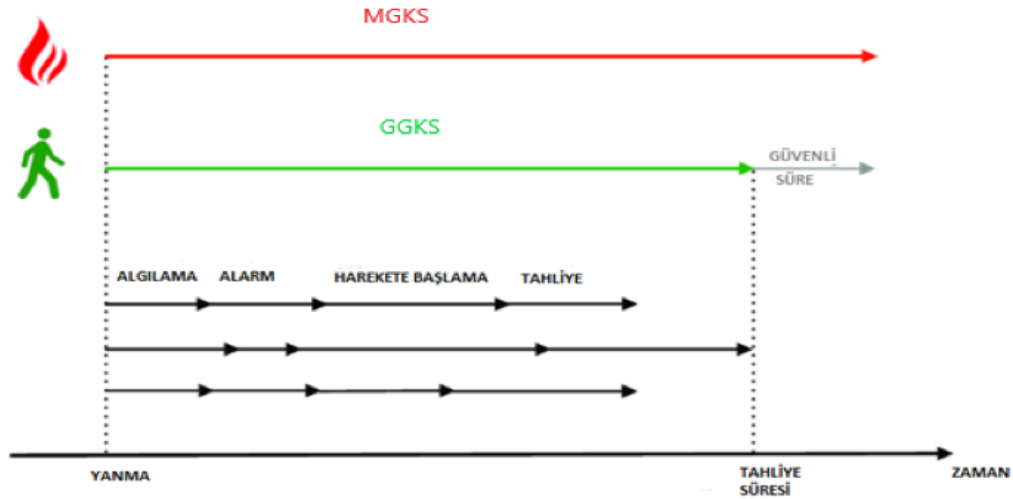
$t_d$  = Yangının tutuşmasından algılamaya kadar geçen süre, algılama aşaması

$t_n$  = Tespitten yangın acil durumunun bina sakinlerine bildirilmesine kadar geçen süre, bildirim aşaması

$t_{p-e}$  = Bildirimden tahliyenin başlamasına kadar geçen süre, ön tahliye aşaması

$t_e$  = Tahliye hareketinin başlamasından güvenli alana ulaşılanaya kadar geçen süre, tahliye aşaması

Bildirimden tahliyenin başlamasına kadar geçen süre binaların yapısının karmaşıklığı ve tahliye olacak kişilerin acil durumlardaki etkisine göre değişmektedir. Bu sürenin karmaşık olmayan ve acil durum tahliye eğitimi almış deneyimli kişiler için yaklaşık 15 saniye alınabilir.



Şekil 4.1. Mevcut güvenli kaçış süresine (MGKS) kıyasla kaçış süresine dahil olan süreçlerin basitleştirilmiş şeması

Yukarıdaki Şekil 4.1.'de gösterildiği gibi, bir yangının tuttuğu andan algılamaya ve ihbar sisteminden bir uyarı verilmesine kadar geçen süreler, GGKS hesaplamasının bir parçası olarak belirlenmesi gereken ilk terimlerdir. Algılamanın otomatik bir yangın algılama sistemi ile yapıldığı durumlarda, yangının algılanmasına kadar geçen süre, yangın dinamiklerine ve mevcut algılama sistemine bağlıdır. Alarmin zamanı ve türü (sesli anons sistemi ya da siren gibi), uyarı sisteminin tasarımına da bağlıdır.

Bu sistemlerin MGKS ve GGKS üzerinde birkaç önemli etkisi olabilir. Bir söndürme sisteminin, duman kontrolünün veya yangın bariyerin aktivasyonu yangının büyümesini ve yayılmasını, ısı ve zehirli gazların üretimini ve dumanın katmanlaşmasını ve yayılmasını etkiler. Hem MGKS uygulanabilirlik koşullarını hem de GGKS kaçış davranışını etkiler [6].

#### 4.2.2. Yangında oluşan toksik ve zehirli gaz seviyesi

İncelenmesi gereken ikinci husus ise tahliyesi gerçekleşen kişinin, güvenli alana ulaşana kadar geçirdiği mesafede dumandan zehirlenmemesidir. İstatistiksel çalışmalarda; ölümlerin % 90'ından fazlasına zehirli dumanın neden olduğu görülmüştür. Duman, standartlara göre havada taşınan katı ve sıvı parçacıkları ile malzemelerin bir miktar havayla yanmasıyla oluşan gazlardan meydana gelen bir

karışımdır. Yanma ürünleri genellikle partiküller, yanmamış ürünler, su buharı, karbondioksit ve karbonmonoksit ile diğer zehirleyici ve korozif gazları içerir. Bir birey, yangında mahsur kaldığında veya aciz kaldığında, koşullar birkaç saniye ile birkaç dakika içinde ölümcül hale gelebilir. Yangınların ürettiği ısı, duman ve zehirli gazlar gibi etmenler katlanarak artabilir. Bir yangında hayatta kalmanın temel belirleyicisi, insan kabiliyetlerini yapamadığı duruma gelme süresidir. Bu yetersizlik, yangın sırasında zehirli maddelere, tahriş edici maddelere ve ısıya maruz kalma nedeniyle tahliye olan birey artık kendini koruyamadığında meydana gelir. Kaçış kabiliyetini etkileyen akut fizyolojik yangın tehlikeleri şunları içerir:

- Dumanın engellemesinden kaynaklanan görme bozukluğu.
- Dumanı tahriş eden maddelerin gözler ve solunum yolu üzerindeki etkilerinden kaynaklanan görme bozukluğu, ağrı ve solunum güçlüğü.
- Zehirli gazlardan boğulma, (Kafa karışıklığına ve bilinç kaybına yol açar.)
- Açığa çıkan cilt ve solunum yollarında ağrı ve ardından yayılan ve konvektif ısıya maruz kalmadan kaynaklanan yanıklar çöküş.

Kaçış kabiliyeti üzerindeki etkiler bu sırayla meydana gelme eğilimindedir. Duman veya alev görerek kirlenmiş bir kaçış yoluna girme nedeniyle tahriş edici dumana maruz kalmaktan kaynaklanan ağrı ve solunum güçlükleri, boğucu gazlara maruz kalma nedeniyle çökme veya ısıya maruz kalma nedeniyle şiddetli ağrı ve yanıklar nedeniyle şiddetli fizyolojik yetersizlik meydana gelebilir.

Boğucu gazlar, merkezi sinir sistemi ve kardiyovasküler sistemler üzerindeki etkiler yoluyla yetersizliğe neden olur. Boğucu gazların çoğu etkilerini beyin dokusu hipoksisine yani beyne iletilen oksijen miktarını azaltarak üretir. Vücut, beyine oksijen iletimini en üst düzeye çıkarmak için tasarlanmış güçlü uyarlanabilir mekanizmalara sahip olduğundan, normal vücut işlevini belirli bir boğucu doza kadar sürdürmek mümkündür. Kişi genellikle yaklaşan sarhoşluklarından habersizdir ve normal işlevi artık sürdürülemediğinde, yetenek kaybı hızlı ve şiddetli olur. Boğulmaya maruz kalmanın belirtileri, uyuşukluk ve zayıf fiziksel koordinasyonla birlikte efor, ardından hızlı bilinç kaybı ve ölüm olabilir.

Yangınlardaki iki büyük boğucu gaz, karbon monoksit (CO) ve hidrojen siyanürdür (HCN). Karbon monoksit, ilgili malzemeye veya yangının aşamasına (veya türüne) bakılmaksızın, tüm yangınlarda her zaman bir miktar konsantrasyonda bulunur. Yangında azot içeren malzemeler yandığında hidrojen siyanür üretilir. Bunlar, modern evlerde oldukça yaygın olan poliakriyonitriller, poliüretan köpükler, melamin, naylon ve yün gibi malzemeleri içerir.

Karbonmonoksit(CO), kandaki hemoglobin ile birleşerek karboksihemoglobin (COHb) oluşturur, bu da özellikle beyinde vücudun dokularına sağlanan oksijen miktarına ulaşarak toksik bir asfiksi ile sonuçlanır. % 10'un altındaki COHb konsantrasyonunda, hareket yeteneğinde hafif bir azalma ile maruz kalma semptomları minimaldir. %10 ila %20 arasında, baş ağrısı ve anormal görme yaşamaya başlanır. % 20 ile% 30 COHb arasında bireyler baş ağrısı, mide bulantısı ve % 30-40 COHb aralığında yetersizliğe doğru ilerleyen temel becerilerde kayıp yaşayabilir. Bir kişi kanda% 50 COHb konsantrasyonuna ulaştığında, ölüm muhtemelen çok yakındır. Kalp rahatsızlığı olan bireyler söz konusu olduğunda,% 20 COHb kadar düşük seviyelerin ölümcül olduğu kanıtlanmıştır, bu nedenle tasarım değerlendirmelerinde maruz kalınan yolcu tipi dikkate alınmalıdır. Kandaki karbonmonoksit birikimi doza bağlıdır. Örneğin; kanda elde edilen konsantrasyon sadece havadaki solunan karbonmonoksit konsantrasyonunun bir fonksiyonu değil, aynı zamanda toksik maddeye maruz kalma süresinin bir fonksiyonudur.

Tablo 4.3. Kanda bulunan karboksihemoglobin miktarının insana etkileri [5].

%COH	İnsan metabolizmasına etkileri
0,3-0,7	Endojen üretimi nedeniyle oluşan normal aralık
1-5	Kanda oksijen taşınmasında azalma
5-9	Hareket kabiliyetinde azalma
16-20	Baş ağrısı
20-30	Yoğun baş ağrısı, görsel kayıp
30-40	Şiddetli baş ağrısı, kusma
40-50	%40 oranında koma
50+	Koma ve havale
60-70	Solunum yetmezliği kaynaklı ölüm

Hidrojen siyanür(HCN), asidik özelliklere sahip toksik bir gazdır ve solunduğunda toksik asfiksiye neden olur. HCN de yetersizlik modeli, etkilerin daha hızlı meydana



gelmesi nedeniyle CO tarafından üretilenlerden biraz farklıdır. CO'dan farklı olarak, HCN kanda birincil tutulmaz ancak hızla beyne taşınır. Gazın birikmesi bir etken olmasına rağmen, HCN yetersizliğinin en önemli belirleyicisi, dumandaki HCN konsantrasyonuna ve deneklerin solunumuna bağlı olan alım hızı olarak saptanmıştır. Tablo 4.4. HCN gazının belirli sürelerde belirtilen maruz kalma dozlarının (konsantrasyon x süre) insanlarda ve primatlarda etkilerinin bir özetini sunmaktadır. Örneğin, yürütülen çalışmalar, bir saate kadar 80 ppm HCN'ye maruz kalan primatların ve insanların yalnızca hafif hiperventilasyon (3600 ppm. dakika) yaşadığını, 200 ppm'ye maruz kalmanın ise iki dakika (400 ppm. dakika) sonra yetersiz kalmaya neden olduğunu göstermiştir.

Tablo 4.4.'deki veriler, HCN'ye maruz kalmanın etkisinin önemli ölçüde 200 ppm ile 530 ppm arasında değiştiğini göstermektedir. Konu ile ilgili çalışmalarda bulunan Kimmerle, 300 ppm'den daha yüksek HCN konsantrasyonunda insanlarda ölümün "hızlı" gerçekleştiğini bildirmiştir, ancak Barcroft, bir erkeğin 530 ppm HCN'ye 15 dakika maruz kaldığını belirlemiştir. HCN ve CO ile vücut büyüklüğü, yetersizliğe kadar geçen süreyi etkiliyor gibi görünmektedir. Bir insanın belirli bir konsantrasyona deneylerde kullanılan maymunundan daha uzun süre maruz kalmasını tolere etmesi beklenir. Aynı kavram, çocuklara kıyasla yetişkinler için de geçerlidir. Ek olarak, fiziksel aktivite, artan solunum nedeniyle daha hızlı alımlara neden olur. Bu nedenle aktif olarak kaçan bir özne, hareketsiz bir denekten yaklaşık üç kat daha hızlı aşılacaktır.

Tablo 4.4. Kanda bulunan hidrojenjenyanür (HCN) miktarının insana etkileri[5].

%HCN	İnsan metabolizmasına etkileri
<80	1 saate kadar maruz kalma ile hafif planda hiperventilasyon
100	23- 30 dakika sonra bilinç kaybı
200	2 dakika sonra bilinç kaybı
300+	Hızlı bir şekilde yaşam kaybı belirtileri başlar
530	1,5 dakika maruz kalan bir kişi ayakta durmakta çok zorlanabilir
539	10 dakika maruz kalan kişilerin %50 si hayatını kaybediyor
1000	Sadece 1 nefes bile bilinç kaybına neden olur.

Karbondioksit (CO<sub>2</sub>) de yangınlarda her zaman bulunur, ancak tipik olarak düşük konsantrasyonlarda % 0,4 civarında bulunmaktadır. Karbondioksit % 5'e varan

konsantrasyonlarda toksik olmamasına rağmen solunumu uyarır. % 3' te solunum hızı yaklaşık iki katına çıkar ve% 5'te solunum hızı yaklaşık üç katına çıkar. Bu hiperventilasyon, stresli olmanın yanı sıra, diğer toksik yangın ürünlerinin (CO ve HCN gibi) alınma oranını artırabilir. Dolayısıyla bu, bir tehlike analizinde hesaba katılması gereken önemli bir faktördür.

CO, HCN, NO<sub>x</sub>, gibi tahriş edici maddeler, düşük oksijen ve CO<sub>2</sub> arasındaki etkileşimlere ilişkin veriler sınırlıdır, ancak zararlı etkileşimlerin muhtemel olduğu durumlarda, bunları tasarım modeline dahil etmek akıllıca olacaktır.

Toksik gazların etkisini belirleyebilmek için, kısmi etkili doz FED (fractional effective dose) değeri hesaplanır. Kısmi etkili doz kabaca, belirli bir t zamanında alınan dozun yetersizlik veya ölüme neden olacak etkili doza oranı olarak tanımlanabilir. Bu sebeple FED yani kısmi etkili doz değerleri de izlenmektedir. FED için kabul edilebilir değerler çeşitli kaynaklara göre değişiklik göstermektedir.

Bu kavram matematiksel olarak aşağıdaki gibi formüle edilebilir.

FED, Belirtilen zamanda alınan doz (C<sub>t</sub>) ölüme veya bilinçsizliğe neden olabilecek doz miktarına oranıdır.

Matematiksel olarak bu değer SFPE'de aşağıda belirtilen formülle (4.2.) ifade edilmektedir.

$$FED = \int_{t_1}^{t_2} \sum_{i=1}^N \frac{C_i}{(C_t)_i} \Delta t \quad (4.2)$$

C<sub>i</sub>: Seçilen zaman değişiminde boğucu gazın "i" gibi bir doza bağlı toksik maddenin ortalama konsantrasyonudur;

Δt: Seçilen zaman değişimi

C<sub>t</sub>: Tahliye sırasında güvenli bir şekilde çıkabilmesi için gazın etki ettiği son sınır dozu

Tablo 4.5. de belirtilen etkilenme, insanların normal işleri veya hareketleri yapamamasını tariflemektedir. FED oranının 0,3' den küçük olduğu durumlarda popülasyonun %11' inde etkilenme olduğu görülmüştür. Oranın 1' den fazla olması durumunda ise etkilenme oranı popülasyonun yarısından fazla olmaktadır. Genel olarak güvenlik limiti FED=0,3 alınmaktadır [4].

Tablo 4.5. Kısmi etkili doz seviyesi ile popülasyon etkilenme oranları [4].

FED	Tahmin edilen etkilenecek popülasyon oranı
0,0 - 0,3	0 - 11%
0,3 - 1,0	11 - 50%
1,0 - 3,0	50 - 89%

Kısmi etkili doz kavramı, duyuşal tahriş edici maddelere ve ısıya da uygulanabilir. Tahriş edici maddeler için kısmi tahriş edici konsantrasyon (FIC) kavramı geliştirilmiştir. Kısmi tahriş edici konsantrasyon, belirli bir t zamanında kişni maruz kaldığı tahriş edici konsantrasyonun tahliye veriminin bozulmasına neden olacak tahriş edici konsantrasyona oranıdır.

$$FIC = \frac{\text{Kişinin maruz kaldığı tahriş edici konsantrasyon}}{\text{Kaçış imkanının bozulmasına neden olacak tahriş edici konsantrasyon}} \quad (4.3)$$

ISO 13571'e göre  $FIC > 1$  koşulunda maruz kalan popülasyonun %50 sinde hareket kabiliyetinde kayıp yaşamaktadır.

Tablo 4.6. Bazı tahriş edici maddelerin ölümcül maruz kalma dozları[4].

Gaz	Nüfusun yarısı için ölümcül olacağı tahmin edilen maruziyet dozları (ppm x dakika)
HCl	114,000
HBr	114,000
HF	87,000
SO <sub>2</sub>	12,000
NO <sub>2</sub>	1900
CH <sub>2</sub> CHO(akrolein)	4500
HCHO(formaldehit)	22,500

Tablo 4.7. Bazı zehirli gazların tehlike sınırları [8].

Zehirli Gazlar	Tehlike sınırı (ppm)
Karbonmonoksit	50-100
Formaldehit	2
Formikasit	5
Metil alkol	200

MGKSik asit	10
Hidrojen klorür	5
Hidrojen siyanür	10
Azotoksit (ler)	5
Kükürtdioksit	5
Kükürtlü oksijen	10
Amonyak	25

#### 4.2.3. Sıcaklık

Kontrol edilmesi gereken üçüncü kriter ise tahliye olan bireyde sıcaklık etkisi ile oluşabilecek hasarlardır. Isıya maruz kalmanın yetersizliğe ve ölüme yol açabileceği üç temel yol vardır. Bunlar; sıcak çarpması, vücut yüzey yanıkları ve solunum yolu yanıklarıdır.

Cilde ısı temasından kaynaklanan ağrı, 0.1 mm derinlikteki cilt sıcaklığı 44.8 °C'ye ulaştığında ortaya çıkar. Bu, Lawrence ve Bull'un, sıcak bir tutamaç ile elin derisi arasındaki arayüz 43 °C'ye ulaştığında rahatsızlığın yaşandığını tespit eden araştırmasıyla ortaya çıkmıştır. Ağrı hissini kısa süre sonra, ısı şiddetine bağlı olarak ciddi yaralanmaya veya ölüme neden olan yanıklar izler. Isı uygulamasından ağrı hissine ve ağrıdan çeşitli derecelerde yanıkların oluşmasına kadar geçen süre, sıcaklığa veya daha doğrusu cildin maruz kaldığı ısı akışına bağlıdır. Cildi ısıtmanın etkileri esasen ısının sıcak bir cisimden iletimle, hava temasından konveksiyonla veya doğrudan radyasyonla sağlanmasıyla aynıdır. Bu nedenle ağrı, cilt yüzeyine ısı sağlama oranı, cilt sıcaklığını 44,8 °C'ye yükseltmeye yetecek miktarda ısının iletilme hızını aştığında ortaya çıkar.

Bir yangın olayı sırasında esas olarak radyant ısıya (örneğin sıcak bir duman tabakasının altında yürürken veya bir alevi geçerken), konveksiyonlu ısıya (örneğin aşırı ısınmış bir odada) veya radyant ve konveksiyonlu ısı kombinasyonuna maruz kalınır. Babrauskas 2,5 kW/m<sup>2</sup> 'lik bir dayanıklılık sınırı öngörmektedir. 2.5 kW/m<sup>2</sup> seviyesinde, Buettner, Simms ve Hinkley ağrının yaklaşık 30-60 saniye maruziyette meydana geldiğini bulmuşlardır. Radyant akış azaldıkça tolerans süreleri üssel olarak artar; Mudan ve Croce, maruziyet süresine bakılmaksızın, altında hiçbir ağrı yaşanmayan 1.7 kW/m<sup>2</sup>'lik kritik bir ısı akışı belirtmiştir. 2,5 kW/m<sup>2</sup> üzerindeki

radyant ısı, ciltte ağrıya ve ardından birkaç saniye içinde yanmalara neden olur. Bina sakinlerinin tahliye için bir sıcak duman tabakasının altından geçmesinin gerektiği durumlarda,  $2,5 \text{ kW/m}^2$ 'lik bir radyan akış, yaklaşık  $200 \text{ }^\circ\text{C}$ 'lik bir sıcak tabaka sıcaklığına karşılık geldiğini hesaplamıştır. Araştırmalar, konvektif ısıya maruz kalan korumasız cilt için yaklaşık  $120 \text{ }^\circ\text{C}$ 'lik bir tolerans sınırı önermektedir. Tablo 4.8. çeşitli sıcaklıklar ve nem aralıkları için tolerans sürelerinin bir özetini vermektedir [5].

Tablo 4.8. Isı maruziyetine karşı insan toleransı [5].

Isı transferi türü	Yoğunluk	Tolerans
Işınım	$<2,5 \text{ kW} \cdot \text{m}^{-2}$	$>5 \text{ dak}$
	$2,5 \text{ kW} \cdot \text{m}^{-2}$	30 sn
	$10 \text{ kW} \cdot \text{m}^{-2}$	4 sn
Taşınım	$<60 \text{ }^\circ\text{C}$ %100 doymuş	$>30 \text{ dak}$
	$100 \text{ }^\circ\text{C}$ $< \%10 \text{ H}_2\text{O}^a$	8 dak
	$120 \text{ }^\circ\text{C}$ $< \%10 \text{ H}_2\text{O}$	4 dak
	$140 \text{ }^\circ\text{C}$ $< \%10 \text{ H}_2\text{O}$	3 dak
	$160 \text{ }^\circ\text{C}$ $< \%10 \text{ H}_2\text{O}$	2 dak
	$180 \text{ }^\circ\text{C}$ $< \%10 \text{ H}_2\text{O}$	1 dak
<sup>a</sup> %10 H <sub>2</sub> O' nun bir hacim fraksiyonu (v/v)		

Solunum yolundaki ısı hasarı, cilt yanıklarından daha çok solunan sıcak gazların nemine bağlıdır.  $100 \text{ }^\circ\text{C}$  civarında buhar, daha yüksek termal kapasitesi ve yoğunlaşma sırasında açığa çıkan gizli ısı nedeniyle tüm solunum yolunda ciddi yanıklara neden olabilir. Araştırmalar  $100 \text{ }^\circ\text{C}$ 'deki buharın her düzeyde yanıklara neden olabildiğini tespit etmiştir. Bu nedenle, kişileri cilt yanıklarından korumak için tasarlanan ısı akışı ve sıcaklık dayanımı limitleri, solunum sistemine kadar korumak için de yeterli olmalıdır. Pratikte  $60 \text{ }^\circ\text{C}$ 'nin % 100 su buharı ile doymuş havanın solunabildiği en yüksek sıcaklık olduğu tespit edilmiştir.

#### 4.2.4. Görülebilirlik

Dördüncü kriter ise görebilme olayıdır. Acil durumda binadan sağlıklı olarak tahliye gerçekleşebilmesi için ortamın net olarak görülebilmesi gerekir. Simülasyon senaryoları incelenirken duman nedeni ile oluşan görüş mesafesi incelenmeli ve gerekmesi halinde daha sık yönlendirme armatürleri eklenmelidir.

Tablo 4.9. Dumanın insanın görme, hareket hızı ve davranış üzerindeki etkileri [5].

Duman yoğunluğu ve tahriş ediciliği Optik Yoğunluk / m(sönümlenme katsayısı)		Yaklaşık görülebilirlik	Bildirilen etkiler
Hiç		Etkilenmemiş	Yürüme hızı 1,2 m/s
0,5(1,15)	Tahriş edici değil	2m	Yürüme hızı 0,3 m/s
0,2(0,5)	Tahriş edici	Azalmış	Yürüme hızı 0,3 m/s
0,33(0,76)	Karışık	Yaklaşık 3m	İnsanların %30 u gitmek yerine geri dönüyor

Bir çıkış yolu boyunca görünürlüğün azalması, kendi başına bireyleri etkisiz hale getirmeyecek veya ölüme neden olmayacaktır. Bir yangının ürettiği aşırı ısıya maruz kalma ve yüksek dozda zehirli gazlar, iş göremezlik ve ölümlerle sonuçlanabilir. Görünürlük eksikliği (kısa vadeli) fizyolojik bir etkiye neden olmaz, bu da insanların karanlık odalarda seyahat edebilecekleri anlamına gelir. Seyahatin karanlık tarafından yavaşlatılması beklenebilir, ancak doğrudan yaralanma tek başına karanlığa (kısa vadede) atfedilemez. Benzer şekilde, insanların deneylerde ve bazı yangın olaylarında yoğun dumanın içinde değişen hızlarda hareket ettikleri gösterilmiştir. Azaltılmış görüş, hareket hızının düşmesine, ısıya ve zehirli gazlara daha uzun süre maruz kalınmasına neden olur. Yeterli ve sürekli olarak ısıya ve / veya toksik gazlara maruz kalındığında, hareket hızı insanların hareketini yavaşlatmaya devam edebilir ve zihinsel yeteneklerini azaltabilir. Azalan görüş mesafesi, yol bulmayı da etkiler ve çıkışları bulmak için geçen süreyi uzatabilir. Tahliye tamamlanmadıysa, iş göremezlik meydana gelebilir. Bir bireyin dumanda ilerleme yeteneği, dumanın hem optik yoğunluğuna hem de tahriş edici olmamasına bağlıdır. İnsanların, tahriş edici dumanda 5 m'lik bir görüş mesafesinde karanlıkta gibi hareket ettikleri ve çoğu yangından çıkan dumanın çeşitli tahriş edici kimyasal türler içerdiği bulgusuna dayanarak, bu seviyeleri aşan konsantrasyonlar, güvenli kaçıışı zayıflatır hatta engel olabilir. Tablo 4.9. insanların görme etkileri sonucunda davranış ve yürüme etkilerini inceleyen deneysel verileri içermektedir.

## **BÖLÜM 5. YANGIN VE TAHLİYE SİMULASYONLARI**

Modelleme sırasında ilk adım, mimari yapı Autocad programına aktarılması ve BYKHY’de belirtilen mimari gerekliliklere (Kaçış mesafeleri, merdiven ve kapı genişliği, gerekli minimum çıkış sayısı gibi) göre iki boyutlu olarak oluşturulmasıdır.

Daha sonra iki boyutlu çizim Sketchup programında üç boyutlu olarak modellenmiştir.

3 boyutlu olarak modellenen çizim Pyrosim (Yangın simülasyon programı) ve Pathfinder (Acil Durum Tahliye Programı) simülasyon hesap programlarına aktarılmıştır. Kullanılan yangın simülasyon programları ve temel girdiler aşağıdaki gibi tanımlanabilir.

### **5.1. Simülasyon Programlarında Temel Tanımlar**

#### **5.1.1. Yangın simülasyonu**

Yangın simülasyonunda PyroSim kullanılmıştır ve bu program Yangın Dinamikleri Simülatörü (FDS) için bir grafik kullanıcı arayüzüdür. FDS modelleri yangın sırasında oluşan duman, sıcaklık, karbon monoksit ve diğer maddeleri tahmin edebilir. Bu simülasyonların sonuçları, binaların henüz tasarım aşamasındayken güvenliğini sağlamak, mevcut binaların güvenlik seçeneklerini değerlendirmek, kaza sonrası inceleme için yangınları yeniden inşa etmek ve itfaiyecilerin eğitimine yardımcı olmak için kullanılabilir.

FDS, Ulusal Standartlar ve Teknoloji Enstitüsü'nde (NIST) geliştirilmiş güçlü bir yangın simülatörüdür. FDS, düşük hızlı, termal olarak yönlendirilen akış için optimize edilmiş hesaplamalı akışkanlar dinamiğini (HAD) kullanarak yangın senaryolarını

simüle eder. Bu yaklaşım çok esnektir ve çok çeşitli yangınlara uygulanabilir. Binalarda havalandırma gibi yangın içermeyen durumları da modelleyebilir.

Program metrik veya İngiliz birimlerinde çalışabilir ve ikisi arasında istenildiği zaman geçiş yapabilir. Program ayrıca diyagonal duvarlar, eskiz için arka plan görüntüleri, nesne gruplama, esnek görüntüleme seçenekleri ve engellerin kopyalanması gibi üst düzey 2D ve 3D geometri oluşturma özellikleri sunar.

Tüm FDS hesaplamaları, hesaplama ağları (mesh) içinde gerçekleştirilir. Simülasyondaki her nesne (örn. engeller ve havalandırmalar) ağa uygun olmalıdır. Bir nesnenin konumu bir ağa tam olarak uymadığında, nesne simülasyon sırasında otomatik olarak yeniden konumlandırılır. Optimum simülasyon doğruluğunu elde etmek için, her üç yönde de yaklaşık olarak aynı boyutta olan ağ hücrelerinin kullanılması önemlidir. Program bir simülasyon hesabı içerisinde mesh i bölerek birden çok ağ oluşumuna imkan sağlamaktadır. Bu sayede kritik olmayan bölgelerde ağ boyutları büyütülerek hesabın hızlanması sağlanabilir ve zamandan tasarruf edilebilir [8].

Ağ boyutları NIST tarafından belirtilmiş aşağıda belirtilen formül üzerinden hesaplanır. Bu förmüle göre  $D^*$  olarak sembolize edilen karakteristik yangın çapı üzerinden hesaplanır. Ağ boyutu yangın yükü için hesaplanan  $D^*$  değerinin beşte birinden ( $D^*/5$ ) daha yüksek olmamalıdır [9].

$$D^* = \left( \frac{\theta}{\rho \cdot c_p \cdot T \cdot \sqrt{g}} \right)^{2/5} \quad (5.1)$$

$D^*/\delta$  = Nominal mesh boyutu

$\theta$  = Isı salınım oranı, kW

$\rho$  = Yoğunluk 1.204 kg/m<sup>3</sup>

$c_p$  = Özgül ısı, 1.005kJ/kg-K

$T$  = Sıcaklık, 293 °K

$g$  = Yerçekimi ivmesi, 9.81 m/sn<sup>2</sup>



Simülasyon hesaplarında kullanılan yangın yükü SFPE verilerinden alınmış olup  $D^*/5$  değeri yaklaşık 0,30 metre hesaplanmıştır. Bu sonuca istinaden hesaplama için 0,25 metre ağ boyutları baz alınarak hesaplamalar gerçekleştirilmiştir.

FDS, Hızlı Fourier Dönüşümlerine (FFT'ler) dayalı bir Poisson çözücü kullanır. Bu yaklaşımın bir yan etkisi, optimal ağ bölmelerinin, en, boy ve yüksekliğin tam sayılar olduğu formuyla sınırlandırılmasıdır. Ek olarak, bir eksen boyunca asal sayıda hücre kullanılması istenmeyen sonuçlara neden olabilir [9].

PyroSim'de 3B nesnelere oluşturmak için ekstrüde edilebilen 3B yüzler veya 2B çizgiler içeren DXF dosyalarını içe aktarılabilir. Program yazılımı, yangın emisyonlarının çözümlenmesi için bir takım denklemler kullanmaktadır. Bu denklemler aşağıda açıklanmıştır.

#### Kütlenin Korunması

$$\frac{\delta \rho}{\delta t} + \nabla \cdot (\rho u) = 0 \quad (5.2)$$

#### Devinim Kuvveti (Momentum) Korunumu

$$\rho \left( \frac{\delta u}{\delta t} + (u \cdot \nabla) u \right) + \nabla p = \rho g + f + \nabla \cdot \tau \quad (5.3)$$

#### Enerjinin Korunması

$$\frac{\delta(\rho h)}{\delta t} + \nabla \cdot \rho h u - \frac{Dp}{Dt} = \dot{q}''' - \nabla \cdot q_r + \nabla \cdot q_r + \nabla \cdot k \nabla T + \nabla \cdot \sum_i h_i (\rho D)_i \nabla Y_i \quad (5.4)$$

#### Maddenin Korunması

$$\frac{\delta(\rho Y_i)}{\delta t} + \nabla \cdot \rho Y_i u = (\rho D)_i \nabla Y_i + w_i''' \quad (5.5)$$

Bu formuller dışında tahliye olan kişilerin zehirlenme etkileri (Fraksiyonel efektif doz (FED) ) bölüm 4.2.2 de belirttiğim formüllere göre hesaplanmaktadır. Karbondioksit, karbonmonoksit ve oksijenin, bütünleşik etkileri hesaplanmaktadır. Bu etkinin tespiti için tüm bu gazların ayrı ayrı FED değerleri hesaplanıp toplanarak toplam FED değeri bulunur.

$$FED_{toplama} = FED_{CO} \times V_{CO_2} + FED_{O_2} \quad (5.6)$$

## 5.2. Isı Salınım Oranı

Bir yangını nicel olarak tanımlayan temel özellik ısı salınım oranıdır. Isı salınım oranı (ISO) performansa dayalı tasarımda, tasarımın başlangıç değişkenlerinden biridir. Binalardaki yangın davranışının hesaplanması, yangının ısı yayma oranı bilinmedikçe mümkün değildir. Birçok nesne ve ürün için yayınlanmış ISO mevcut değildir, bu nedenle, bir yanıt gerekirse laboratuvar testlerinin yapılması gereklidir. Bununla birlikte, bazı malzemeler için, örnek veriler bulunmaktadır.

Prensip olarak, efektif yanma ısısı teori veya test ile belirlenebilir. Uygulamada ise, efektif yanma ısısı sabit değilse, deneysel teknikler normalde doğrudan ISO'nun ölçülmesini içerir. Bu bağlamda çeşitli test metotları kullanılmaktadır. Bunlar tam ölçekli test, orta ölçekli test ve tezgah ölçekli testtir. Gerçeğe en yakın sonuçların elde edilebileceği test tipi ise tam ölçekli testlerdir.

Huzurevi binaları ve toplanma amaçlı binalar gibi yapılar için, gerek içerisinde bulunan birbirinden farklı kullanım amaçlı alanlar, gerekse de barındırdığı farklı yanıcılık sınıfına sahip malzemeler sebebiyle dünyaca kabul görmüş tek bir ısı salınım değeri mevcut değildir. Bunun yerine yangının başladığı bölümün yangın yükü ya da yanacak malzemenin yangın yükü baz alınarak hesaplamalar yapılabilir. Tasarım için yangın yükü poliüretan koltuğu yanması üzerine belirlenmiştir. Tablo 5.2.'de poliüretan koltuğun ısı salınım oranı 51 kg kütle için 3120 kW olarak belirtilmiştir. Simülasyon 3120 kW enerji oluşturacak şekilde hesaplanmıştır.

Tablo 5.1. Çeşitli malzemelerin en yüksek ısı salımları [4].

Yanıcı yük	Kütle	En Yüksek Isı Seviyeleri
Koton yatak	12-13 kg	40-70 kW
Plastik çöp kutusu	1,2 kg	120-350 kW
Poliüretan yatak	3-14 kg	810-2630 kW
Poliüretan koltuk	51 kg	3120 kW
Yılbaşı ağacı	6-20 kg	3000-5000 kW
Ahşap mobilya	70-121 kg	1900-6400 kW

### 5.2.1. Tahliye simülasyonu

Tahliye simülasyon programı olarak Pathfinder kullanılmış olup Ulusal Standartlar ve Teknoloji Enstitüsü'nde (NIST) geliştirilmiş güçlü bir yangın tahliye simülatörüdür. Hastanelerden stadyumlara kadar çok çeşitli mimari yapılarda simülasyon imkanı sunmaktadır. DXF, DWG ve Pyrosim modelleri içe aktarılabilir. Bu sayede yangın simülasyon programı tarafından oluşturulan bir yangın tahliye simülasyon programına aktararak, tahliye sırasında yangın dumanının vermiş olacağı zararlar da belirlenebilir. Bunun yanında tahliye olacak kişilerin sedye ya da refakatçi eşliğinde taşınması da simüle edilebilir. Bu simülasyon programında SFPE ve Steering mod olarak iki farklı tahliye yöntemi ile hesaplama yapılabilmektedir.

SFPE yöntemi, SFPE (Handbook of Fire Protection Engineering SFPE 2016) ve SFPE Engineering Guide: Human Behavior in Fire (SFPE 2019) el kitapları içinde sunulan akış tabanlı tahliye modelleme tekniklerini uygular. El kitabında açıklanan SFPE hesaplaması, kapılardan ve koridorlardan geçen yürüme hızlarının ve akış hızlarının tanımlandığı bir akış modelidir.

Programda navigasyon geometrisi odalar, kapılar ve merdivenler olmak üzere üç tür bileşene ayrılabilir; Odalar, yolcuların üzerinde yürüyebileceği açık alanlardır. Kapılar, odaları ve merdivenleri birbirine bağlayan akış sınırlayıcılarıdır. Merdivenler, merdivenlerin eğimlerinin yolcuların hızını sınırladığı özel odalar olarak düşünülebilir. SFPE kılavuzunda olduğu gibi özel bir koridor tipi yoktur. Bunun yerine koridorlar, her iki ucunda da kapı bulunan odalar olarak modellenmiştir. Bu şekilde koridorlar, odalar gibi ele alınır ve akış kapılar tarafından kontrol edilir.

SFPE modunda, birden fazla yolcu navigasyon yüzeyinde aynı noktayı işgal edebilir [10].

Kendiliğinden yön belirleme modu (Steering mod), yolcuları kabaca değişen bir ortama yanıt verebilecek şekilde hareket ettirir. Programda kullanılan ters yönelimler, bir yolcu için bir dizi ayrık hareket yönünü en aza indiren yönü seçme sürecidir. Kullanılan davranış türleri, yolcunun mevcut durumu tarafından belirlenir ve örnek yönlerin sayısı, yolcunun durumu ve mevcut hızı tarafından kontrol edilir [10].

Hesaplamalarda SFPE yöntemi kullanılmıştır.

Simülasyon hesaplamalarında ısı salınım oranı, tahliye hızı gibi etmenler belirlenmelidir. Bu değerler simülasyon analizinin temelini oluşturmaktadır. Bu iki kriter aşağıdaki açıklanabilir.

### 5.3. Tahliye Hızı

Tahliye hızı cinsiyet durumu, yaş ve fiziksel etmenlere bağlı olmakla birlikte yangın anında solunan duman ve görülebilirlikte etkili olmaktadır. Tablo 5.1.'de, yapılan deneyler sonucu çeşitli yaş ve çeşitli binalarda tahliye hızları incelenmiştir. Aşağıda gösterilen deneyde duman ve görülebilirliğin olumsuz etkileri incelenmemiştir.

Tablo 5.2. İnsanları yürüme hızını belirten deneysel tablo [4].

Etkileyen faktörler		Hız (m/s)	Ortalama hız (m/s)
Yürüme çeşidi	Serbest ilerleme		1,2-1,8
	Çıkışa ilerleme		0,8-1,5
Yürüme koşulları ortam yoğunluğuna göre	Düşük	1,4	
	Optimum	0,7	
	Hafif yoğun	0,39	
	Çok yoğun	0,1	
Tahliye olan kişilerin kategorileri	Çocuk	1,08	
	Kadın ihtiyar	1,04	
	Erkek ihtiyar	1,05	
	İhtiyar	1,04	
	Kadın yetişkin	1,24	
	Erkek yetişkin	1,30	
	Yetişkin	1,27	
	Kadın yetişkin	1,24	
Erkek yetişkin	1,30		

Tahliye hızı cinsiyet durumu, yaş ve fiziksel etmenlere bağlı olmakla birlikte yangın anında solunan duman ve görülebilirlikte etkili olmaktadır. Deneysel veriler ile birlikte simülatör normal hallerde koridor, merdiven ve kalabalık bölgeler için tahliye hızını hesaplayabilmektedir. Bunun yanında duman nedeniyle oluşan hız kaybını da ayrıca hesaplayabilmektedir. SFPE moda göre hız hesaplamaları kısaca aşağıdaki gibi açıklanabilir.

Tahliye olan kişinin hızı, yoğunluğun, bulunan bölgenin ve SFPE temel diyagramına dayalı bir hız kesir eğrisinin bir fonksiyonu olarak tanımlanır.

Tahliye simülasyon programı, hareket hızlarını ve akış hızlarını hesaplamak için oda yoğunluğunun verilerini hesaplamaktadır. Oda yoğunluğu metrekare başına 0 ile 3,55 kişi arasında değişmekte olup ( $0.0 < D_{maks}=3.55 \text{ kişi/m}^2$ ) bu değer kapı ve merdivenlerden kaç kişinin geçebileceği ile bağlantı sağlamaktadır.

Geçiş sınırı (GS), kapıların harekete etkisini kontrol eder. Bu etki değeri  $W-2*GS$  formülü ile hesaplanır. W kapının net genişliğidir. Bu değer tahliye olacak kişilerin kapılarda oluşan yoğunluğa göre tahliye hızlarını doğrudan etkilemektedir.

$$V_b = V_{maks} * V_f(D) * V_{ft} \quad (5.7)$$

$V_b$ : O andaki hız (bağıl hız) olarak açıklanabilir ve oda, merdiven ve kapı gibi mimari elementler neticesinde bir ortalama hız belirler.  $V_{mak}$ , programın arayüzüne hız sınır değeri olarak girilebilen bir değerdir. Tahliye olacak kişi belirtilen bu hızı aşmamaktadır.

$V_f(D)$ : Ortamın yoğunluğunun hıza bağlı olarak oranıdır.

$$V_f(D) = f(x) = \begin{cases} 1, & D < 0.55 \text{ kişi/m}^2 \\ \{maks[V_{fmin}, 1/0.85(1 - 0.266d)], & D > 0.55 \text{ kişi/m}^2 \end{cases} \quad (5.8)$$

$V_{fmin}$ : Pathfinder arayüzüne tanımlanan minimum hız

D: Odada hesaplama anında bulunan kullanıcı yoğunluğunu göstermektedir.

$V_{ft}$ : Tahliye olan kişilerin, kaçış sırasında kullandığı kapı, merdiven ve yürüdüğü diğer mekanlardaki anlık durumlarına bağlı hız oranını göstermektedir.

$$V_{ft}=k/1.4 \quad (5.9)$$

Odalarda ve eğimli koridorlarda  $k=1,4$  m/s olarak belirlenmiştir. Merdivenlerde ise merdivenin basamak yüksekliği ve genişliğine göre  $k$  değeri değişmektedir. SFPE'ye göre merdivenler için  $k$  kat sayısı Tablo 5.3.'de belirtilmektedir.

Tablo 5.3. Merdivenler için  $k$  kat sayısı değerleri [24].

Basamak Yüksekliği	Basamak Genişliği	$k$
7,5	10	1,00
7	11	1,08
6,50	12	1,16
6,5	13	1,23

SFPE modunda yapılan hesaplamalarda tahliye olacak kişilerin kapılardan geçişlerde gecikme zamanlayıcısı bulunmaktadır. Kişi kapıdan geçerken, kapının yoğunluğuna göre program tarafından duraksama hesaplanmaktadır. Bu duraklama süresi tüm kişi geçişlerinde bir sonraki kişinin kapıdan geçmesi için belirlenmiş bir yavaşlama zamanıdır.

Her kapı, kullanıcıların geçiş yönüne ve kapıdan sonraki mahalin türüne göre farklı bir akış gerçekleştirebilmektedir. Bir kapıdan belirli bir yön için akış şu şekilde hesaplanır.

$$F_s = (1 - .266 * D) * k * D \quad (5.10)$$

$k$ : Tahliye hız sabiti, kapıdan önceki mahalin yapısına bağlıdır.

$D$ : Kapının bir araya getirdiği iki mekanın maksimum kullanıcı yoğunluklarını göstermektedir. Hesaplamalar 1,9-3,0 kişi/m<sup>2</sup> arasında yapılmaktadır. Bu aralık, hesaplamalarda düşük yoğunlukta akışın yavaşlamamasını, yüksek yoğunlukta ise akışın durmamasını sağlamaktadır.

Yukarıda belirtilen tüm değerler tahliye olan kişilerin dumandan etkilenmediği durumlar için kullanılan hesaplamalardır. Bu hesaplar haricinde tahliye olan kişilerin hızının duman etkisi ile azalması da hesaplanmalıdır. Tahliye simülasyon programı duman oluşumunun etkisi ile hızda meydana gelen yavaşlamayı formül 5.11 ile hesaplamaktadır [10].

$$\text{Yürüme hızı} = \min(1, \text{maks}(0,2*(1-324*(3/\text{görülebilirlik mesafesi})) \quad (5.11)$$

Burada yürüme hızı en fazla 1 m/s en az 0,2 m/s arasında duman yoğunluğuna göre değişim göstermektedir [11].

#### 5.4. Tahliye Stratejileri

Bir yangın tahliye modellemesi oluştururken, bölgenin tehlike sınıfı ve buna dayalı olarak oluşabilecek ısı yükü belirlenmelidir. Mekânın kullanım sınıfına göre oluşabilecek en kötü senaryolarda hesaplamalar yapılır.

Tahliye stratejileri, eşzamanlı veya aşamalı tahliyeyi içerir. Bir stratejinin seçimi, bina tipine, yangın güvenliği hükümlerine ve yönetim felsefesine bağlıdır.

Tahliye stratejileri aşağıdaki maddeleri içerir.

- Alarmin çalması üzerine tüm yolcuların anında, eşzamanlı tahliyesi.
- Başkalarının hareketinden hemen önce risk altındaki kişilerin aşamalı hareketi. Bu tip durumlarda, kaçış yolu kapasitesi tüm binanın hızlı bir şekilde eşzamanlı tahliyesini sağlamak için yetersiz olabilir.
- Başkalarını hareket ettirmeye karar vermeden önce gelişen durumu izlerken, bir bina içinde yangına (alev ve duman) direnç gösteren bölmeye (alev ve dumana) karşı hemen risk altında olan kişilerin aşamalı olarak hareket etmesi. Bina sakinlerinin yangın tehdidi altındaki alanlardan, özellikle yüksek binalar için, bir bina içindeki korunan alanlara tahliye edildiği durumlarda, dinamik

bir risk değerlendirmesi gereklidir. Yangın veya atık su yayılmaya devam ederse, kaçış yolları tehlikeye girmeden önce tam bir tahliye gerekli olabilir.

- Risk altındaki kişilerin derhal tahliyesinin sağlanması. (Diğer kişiler yangına (alev ve duman) dayanıklı bölmede kalabilir ya da diğer kişilerin tahliyesi normalde gerekli olmayabilir. )

Bir tahliye stratejisi planlamak, erişim ve çıkış yerlerindeki tıkanıklığı önler. Küçük bir yangın olayına cevaben bina sakinlerinin tamamen tahliye edilmesinden kaynaklanan aksaklık da bir sorun oluşabilir. Örneğin engelli kişilerin hızlı bir şekilde tahliyesinin pratik olmayabileceği bakımevleri gibi, insanların hareketini yalnızca gerekli olduğunda dikkate alır. Hastane tahliye stratejileri ise genellikle, geçici bir sığınma yeri olarak kullanılan bitişik bir yangın bölmesine yolcuların aşamalı yatay hareketini içerir [6].

Sağlık yapılarında BS 7976'ya göre tahliye sırasında yapı içinde bulunan misafir ve personellerden aşığıdaki davranışlar beklenmektedir.

Acil durumlara müdahale etmek için düşük düzeyde fiziksel ve / veya zihinsel yetenekleri olan yolcular refakatçi eşliğinde tahliye olacaktır. Bu kişilerin tahliye için bir veya daha fazla personelden yardım alması beklenir. Yolcular yatakları olabilir ve tıbbi cihazlara (örn. damlama, monitör) bağlı olabilir. Tahliye sırasında, hareketli yatakları ve tekerlekli sandalyeleri kullanılabilir. Aşamalı yatay tahliye kullanılabilir. Yani doğrudan dışarı çıkmak yerine güvenli bir bölgede bekletilip belli bir senaryoya uygun olarak bina dışına çıkabilir.

Yapılacak simülasyon çalışmasında 4 farklı senaryo uygulanacaktır. Bunlar;

- Senaryo-1; Senaryoda koridor üzerinde bulunan bir koltuğun yanması ile yağmurlama sistemi ve duman egzoz sistemi bulunmayan binada huzurevi sakinlerinin tahliyesi incelenecektir.
- Senaryo-2; Senaryoda koridor üzerinde bulunan bir koltuğun yanması ile yağmurlama sistemi bulunan huzurevi sakinlerinin tahliyesi incelenecektir.



- Senaryo-3; Senaryoda koridor üzerinde bulunan bir koltuğun yanması ile yağmurlama sistemi ve duman tahliye sistemi bulunan bir binada huzurevi sakinlerinin tahliyesi incelenecektir.
- Senaryo-4; Senaryoda koridor üzerinde bulunan bir koltuğun yanması ile yağmurlama sistemi bulunmayan ancak duman tahliye sistemi bulunan bir mekanda huzurevi sakinlerinin tahliyesi incelenecektir.

Bu senaryoların simülasyon sonuçları sonuç ve öneriler bölümünde karşılaştırılacaktır.

Acil durum asansörü sedye ile tahliye edilecek kişiler tarafından kullanılacaktır. Acil durum asansörü veya itfaiye asansörü terimi bir yangın sırasında kurtarma ekipleri tarafından güvenli bir şekilde kullanılabilir olan asansörleri ifade etmektedir. Binada toplam 170 kullanıcı bulunmaktadır. Bina altı katlı olup yangın tüm senaryolarda en üst katta çıkmaktadır. Yangın sırasında asansörlerin kullanılması düşünülüyorsa, binanın tamamen yağmurlama sistemi ile donatılmış olması ve bina içinde dumanın yayılmasına özellikle dikkat edilmesi gereklidir [12].

## 5.5. Yangın Söndürme ve Kontrol Sistemleri

### 5.5.1. Yağmurlama (sprinkler) sistemi

Sprinkler tesisatı yerleşiminde TS EN 12845'e uygun olarak yerleşim yapılacaktır. Sprinkler yerleşimi 12 m<sup>2</sup> kapsama alanına göre yapılacak ve su atım debisi Orta Tehlike 1 tehlike sınıfına göre yapılacaktır. Sprinkler aktivasyon sıcaklığı 68°C olarak seçilecektir.

Tablo 5.4. TS EN 12845'e göre yağmurlama sistemi tasarım tablosu

Tehlike sınıfı	Tasarım yoğunluğu mm/dak	Koruma alanı (m <sup>2</sup> )	
		Islak veya ön etkili	Kuru veya değişken
Düşük Tehlike	2,25	84	Orta Tehlike-1 kullanılır
Orta Tehlike-1	5,0	72	90
Orta Tehlike-2	5,0	144	180
Orta Tehlike-3	5,0	216	270
Orta Tehlike-4	5,0	360	Yüksek Tehlike-1 kullanılır
Yüksek Tehlike-1	7,7	260	325
Yüksek Tehlike-2	10,0	260	325
Yüksek Tehlike-3	12,5	260	325
Yüksek Tehlike-4		Yoğun su	

NOT: Depolama alanları ve farklı özellikteki kullanım alanları için TS EN 12845 esas alınır.

Tablo 5.5. BYKHY'e göre tehlike sınıfı tablosu (İlgili bölümü alınmıştır.)

KULLANIM TÜRÜ	Orta Tehlike -1	Orta Tehlike -2	Orta Tehlike -3	Orta Tehlike -4
Kimyasallar	Çimento İşleri	Fotoğraf laboratuvarları, Fotoğraf film fabrikaları	Boyama işlemleri, sabun fabrikaları	Mum ve balmumu fabrikaları, kibrit fabrikaları, boyahaneler
Mühendislik	Metal levha üretimi	Otomotiv fabrikaları, tamirhaneleri	Elektronik fabrikaları, buzdolabı ve çamaşır makinesi fabrikaları	
Yiyecek ve içecekler	Mezbahalar Mandıralar	Fırınlr, bisküvi, çikolata, şekerleme imalathaneleri, bira fabrikaları	Hayvan yemi fabrikaları, meyve kurutma, suyu çıkarılmış sebze ve çorba fabrikaları, şeker imalathaneleri, tahıl değirmenleri	Alkol damıtma
Çeşitli	Hastaneler, oteller, konutlar, lokantalar, kütüphaneler (kitap depoları hariç), okullar, bürolar	Fizik laboratuvarları, çamaşırhaneler, otoparklar, müzeler	Radyo ve televizyon Yayınları, tren istasyonları, tesisat odaları	Sinemalar, tiyatrolar, konser salonları, tütün fabrikaları

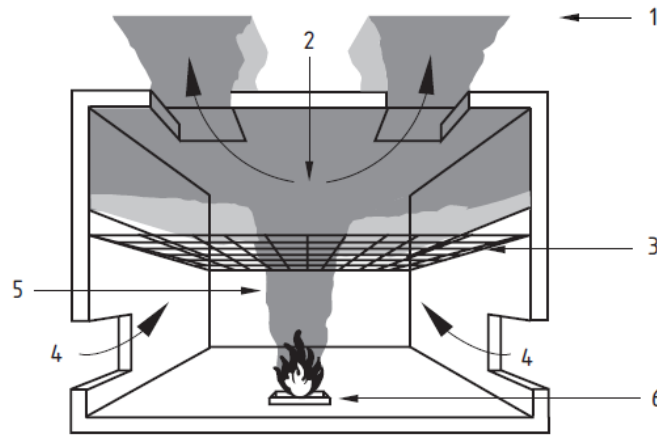
### 5.5.2. Yangın algılama sistemi

Yangın dedektörleri yerleşiminde TS EN 54-14'e uygun olarak yerleşim yapılacaktır. Dedektör tipi olarak noktasal duman algılama dedektörü modellemede kullanılacaktır. Tahliye hareketi NFPA72 de belirtilen pozitif alarm senaryosuna göre yapılacaktır. Yani ilk dedektör duman algıladığında hemen ihbar verilmeyecek tahliye başlamayacak, 180 saniye yangının doğruluğunun kontrolü için süre tanımlanacaktır. Kontrol süresi içerisinde ikinci dedektör algılama yapar ya da yağmurlama başlıklarından bir tanesi aktif olursa ihbar sistemi devreye girecek ve binanın tahliyesi başlayacaktır. [13] [14].

BYKHY'de bu uygulama ön uyarı sistemi olarak belirtilmekte olup yangına müdahale konusunda eğitilmiş personele ulaştırılmak şartıyla bu tip bir uygulama yapılmasına izin verir ancak geciktirme ve kontrol süresi ile ilgili bir standart belirtmez. Bununla beraber Tehlikeli maddelerin bulundurulduğu veya işlendiği endüstriyel binalarda ve depolama amaçlı yapılarda herhangi bir yangın algılamasının otomatik olarak bina tahliye uyarı sistemlerini harekete geçirmesi gerekir. Bu bina ve yapılarda ön uyarı sistemine izin verilmez.

### 5.5.3. Duman tahliye sistemi

Uluslararası ve yerel standartlarda duman kontrolü amacıyla HVAC sistemi kullanılabilir. Kullanılan HVAC ekipmanının, koşullandırılmış alan içinde, bitişik alanlar içinde veya uzak mekanik ekipman odaları içinde yer almasına izin verilir. Ortama verilen taze hava hızı 1,02 m/s den fazla olmamalıdır. Taze hava kapasitesi ise gerekli egzoz kapasitesinin %85' inden daha az olmamalıdır [15].



1: Dış ortam      2: Duman tabakası      3: Asma tavan      4: Taze hava girişi  
5: Duman çıkışı      6: Alev

Şekil 5.1. Duman kontrol sisteminin kat bazında gösterimi [16].

Egzoz dumanının hacimsel akış hızı aşağıdaki denkleme göre hesaplanabilir.

$$V = m / \sigma \quad (5.12)$$

V: Egzoz dumanının hacimsel akış hızı ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )

m: Egzoz dumanının kütleli akış hızı ( $\text{kg}/\text{sn}$ )

$\sigma$ : Dumanın yoğunluğu ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )

Duman egzoz sistemi, duman haznesine giren dumanın kütle akışını ortadan kaldırmak ve beklenen duman sıcaklıklarına dayanabilecek kapasitede olmak üzere tasarlanmış fanlar ve ilgili kanallardan oluşur.

Uygun fanların seçimi için, yükselen duman bulutuna sürüklenmenin önceki hesaplamasından belirlenen dumanın kütle akış hızı, aşağıda belirtilen formül kullanılarak karşılık gelen hacimsel akış hızına ve sıcaklığa dönüştürülebilir.

$$V_1 = (M_1 * T_1) / (T_{amb} * \rho_{amb}) \quad (5.13)$$

$V_1$ : Dumanın hacimsel egzoz oranı ( $m^3 \cdot s^{-1}$ )

$M_1$ : Fan yüzeyine giren dumanlı gazların kütleli akış hızı ( $kg \cdot s^{-1}$ )

$T_1$ : Ortalama sıcaklık (K)

$T_{amb}$ : Ortam sıcaklığı (C)

$\rho_{amb}$ : Ortam sıcaklığında havanın yoğunluğu ( $kg/m^3$ ) [17].

## **BÖLÜM 6. SİMÜLASYON SONUÇLARI**

### **6.1. Simülasyon Sonuçları**

Bina sakinlerinin yangına dayanabilirlik limitleri büyük ölçüde değişmediğinden, kabul kriterlerinin aralığı nispeten tutarlıdır. Temin edilebilirlik limitleri için asgari bir kabul kriterini referans alabilecek bir kaynak ülkemizde bulunmamaktadır. Ancak görüş mesafesi, sıcaklığa dayanabilirlik gibi belli kriterler simülasyon sonuçlarında yorumlanabilir.

Modern simülasyon modelleri artık binanın her yerindeki yangın koşullarını zamanın bir fonksiyonu olarak sağlayabilmektedir. Bu nedenle, bir "oda ya da kat perspektifinden güvenli çıkış için koşulların ne zaman "savunulamaz" olduğuna ilişkin MGKS tanımı artık net değildir ve yoruma tabidir. Benzer şekilde, bir çıkış yolu boyunca her bir kişinin konumu artık zamanın bir fonksiyonu olarak izlenebilir [18].

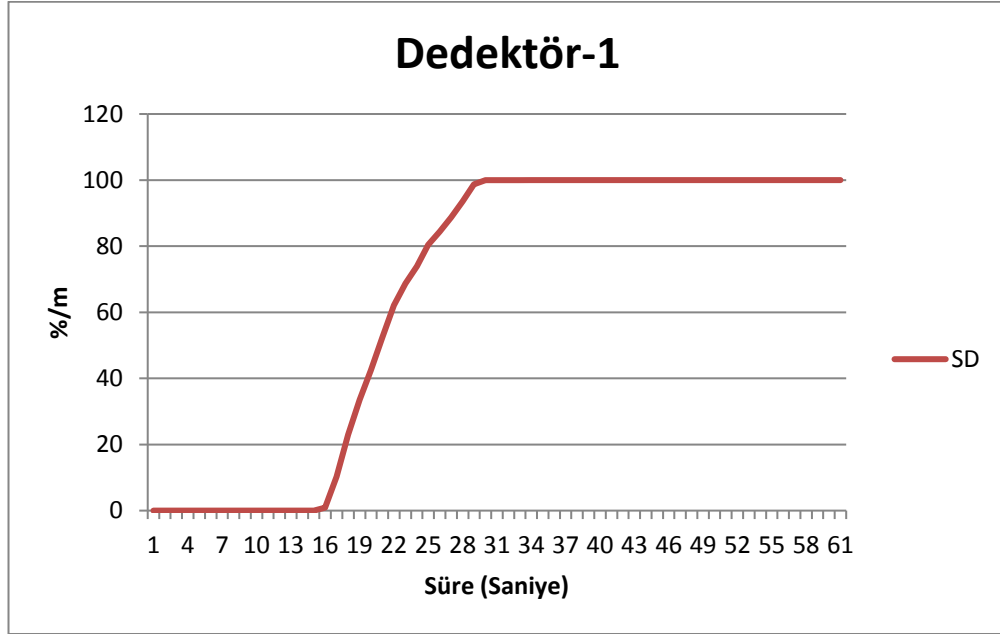
#### **6.1.1. Güvenli kaçış süresi analizi**

MGKS > GGKS durumu güvenli tahliye için gerekli kriterdir. MGKS değerine ulaşabilmek için binada tahliye tatbikatı yapılması gerekir. Ancak tedavi gören bireylerin bulunabileceği durumlarda huzurevlerinde tatbikat yapmak mümkün olmayabilir. Simülasyon sonucunda GGKS değerine ulaşılabilir.

$$GGKS = t_d + t_n + t_{p-e} + t_e$$

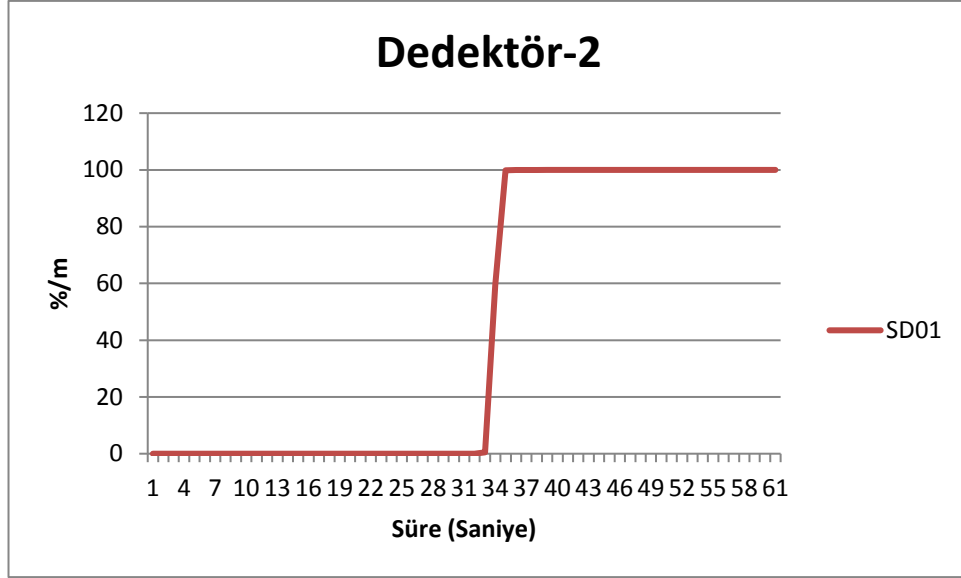
$T_d$  = Yangının tutuşmasından algılamaya kadar geçen süre, algılama aşaması

Simülasyonda 0. saniyede tutuşma başlamaktadır. Birinci dedektör ilk algılamayı 16 saniye sonra yapmıştır. İkinci dedektör ise yangın başladıktan 33 saniye sonra yangını algılamıştır.



Şekil 6.1. Birinci dedektör algılama süresi

Senaryolar bölümünde daha önce belirtildiği gibi NFPA72 de belirtilen pozitif alarm senaryosu uygulandığından başka bir dedektör 180 saniye içerisinde algılama yapmaz ise bu süre geçene kadar binada alarm durumuna geçilmeyecektir. Ancak otuzuncu saniyelerde ikinci bir dedektör de duman algıladığı için artık bina alarm durumuna geçecektir. Simülasyonda  $T_d$  süresi yaklaşık 33 saniyedir.



Şekil 6.2. İkinci dedektör algılama süresi

$T_n$  = Tespitten yangın acil durumunun bina sakinlerine bildirilmesine kadar geçen süre, bildirim aşaması;

Binada otomatik yangın alarm sistemi olduğu düşünülmüş ve ikinci dedektöründe duman algılayınca bekleme yapmadan alarm durumuna geçildiği senaryosu ile tasarım yapılmıştır. Bu nedenle bu değer 0 olarak düşünülmüştür.

$t_{p-e}$  = Bildirimden tahliyenin başlamasına kadar geçen süre, ön tahliye aşaması;

Bu süre içinde kesin bir bilgi tatbikat yapılmadan anlaşılamayacaktır. Aynı zamanda yangının uyku durumunda ya da gün içinde çıkması bu süreyi etkileyecektir. Simülasyonda bu değer 15 saniye olarak tasarlanmıştır.

$t_e$  = Tahliye hareketinin başlamasından güvenli alana ulaşılana kadar geçen süre, tahliye aşaması;

Tahliye 45. saniyede başlamış olup,  $t_e$  süresi 150 saniye sürmektedir. Güvenli alana en son geçen kişi 198 saniyede ulaşmaktadır. Yani GGKS süresi 198 saniye olarak kabul edilebilir.

Bu sürede tahliye olan bazı kişilerin duman nedeniyle hareketi yavaşlayacağı göz önüne alınmıştır. Bu kişilerde yürüme hızı kişilerin dumanın etkisiyle değişmekte olup simülasyon programında hesaplanarak tahliye simülasyon programında belirtilmiştir.

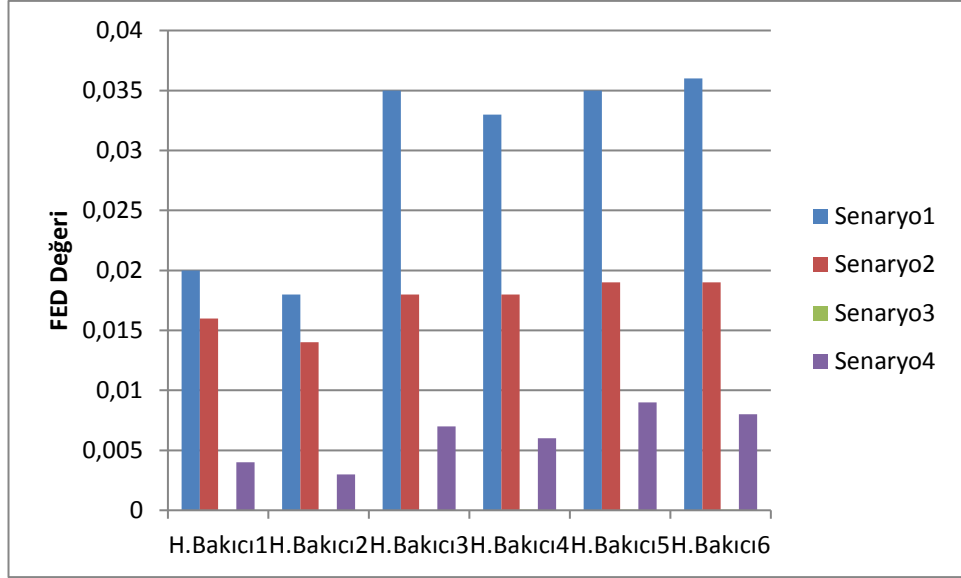
### 6.1.2. FED değerlerinin simülasyon analizi

Yangın çıkan katta güvenli alana ulaşım üç dakika altında gerçekleşmektedir. Güvenli alana geçtikten sonra dumana maruz kalınmayacaktır. Kritik olan ve FED değerleri için analizi yapılacak değerlendirme güvenli bölgeye geçene kadar devam eden tahliye süresidir. Binadan tüm kullanıcıların tahliye olması toplamda yaklaşık beş yüz seksen saniye süre almaktadır. Her dört senaryo için hesaplanan tahliye olacak kişilerin FED değerleri aşağıdaki tabloda belirtilmiştir. Burada yangın çıkan katta sedye ile dışarı çıkacak hastalara refakat eden görevliler incelenmektedir. (Tabloda belirtilen kişiler tahliye olan son 6 kişidir.)

Tablo 6.1. Simülasyonların sonuçlarına göre FED değerlerinin karşılaştırılması

	Senaryo1 (Yağmurlama ve duman egzoz sistemi yok)	Senaryo2 (Yalnızca yağmurlama sistemi var)	Senaryo3 (Yağmurlama ve duman egzoz sistemi var)	Senaryo4 (Yalnızca duman egzoz sistemi var)
H.Bakıcı1	0,020	0,0005	0,00002	0,004
H.Bakıcı2	0,018	0,0005	0,00002	0,003
H.Bakıcı3	0,035	0,0006	0,00002	0,007
H.Bakıcı4	0,033	0,0008	0,00006	0,006
H.Bakıcı5	0,035	0,0008	0,00004	0,009
H.Bakıcı6	0,036	0,0009	0,00004	0,008





Şekil 6.3. FED değerlerinin grafik ile karşılaştırılması

Tablodaki verilere göre tüm senaryolarda kritik değer olan 0,3' ün altında kalmıştır. Bina yaşlı insanların bulunduğu bir bina olduğundan duman etkisine insanların direnci daha az olabilir. Bu nedenle daha düşük bir kritik oran emniyet için belirlenebilir. Sonuçlar baz alındığında Fed değerleri bu simülasyon için kritik bir önem oluşturmamaktadır.

Kritik değerden bağımsız olarak veriler incelendiğinde yağmurlama sistemi bulunmasının ne kadar önemli olduğu görülmektedir. Yağmurlama sistemi ve duman egzoz sistemi bulunan senaryoda FED değeri neredeyse sıfırdır. Yağmurlama sisteminin sadece mal güvenliği değil can güvenliği bakımından da ne kadar önemli olduğunu göstermektedir.

### 6.1.3. Görüş mesafelerinin simülasyon analizi

BYKHY'e göre yönlendirme işaretlerinin her noktadan görülebilecek şekilde ve işaret yüksekliği 15 cm'den az olmamak üzere, azami görülebilirlik uzaklığı; dışarıdan veya kenarından aydınlatılan yönlendirme işaretleri için işaret boyut yüksekliğinin 100 katına, içeriden ve arkasından aydınlatılan işaretlere sahip acil durum yönlendirme üniteleri için işaret boyut yüksekliğinin 200 katına eşit olan uzaklık olması gerekir. Bu uzaklıktan daha uzak noktalardan erişim için gerektiği kadar yönlendirme işareti ilave edilmelidir.

Görüş mesafesi için kat zemininden 1,8 metre yükseklik referans alınarak yorumlamlar yapılmıştır. Görüş mesafeleri kişilerin tahliye zamanı ve tahliye olduğu bölgelerdeki duman yoğunluğuna göre değişiklik göstermektedir. Aşağıdaki tabloda 1,8 metre yükseklikte kişilerin en az görüş mesafesinin bulunduğu mesafe, parantez içinde bu mesafenin hangi sürede olduğu saniye cinsinden belirtilmiştir.

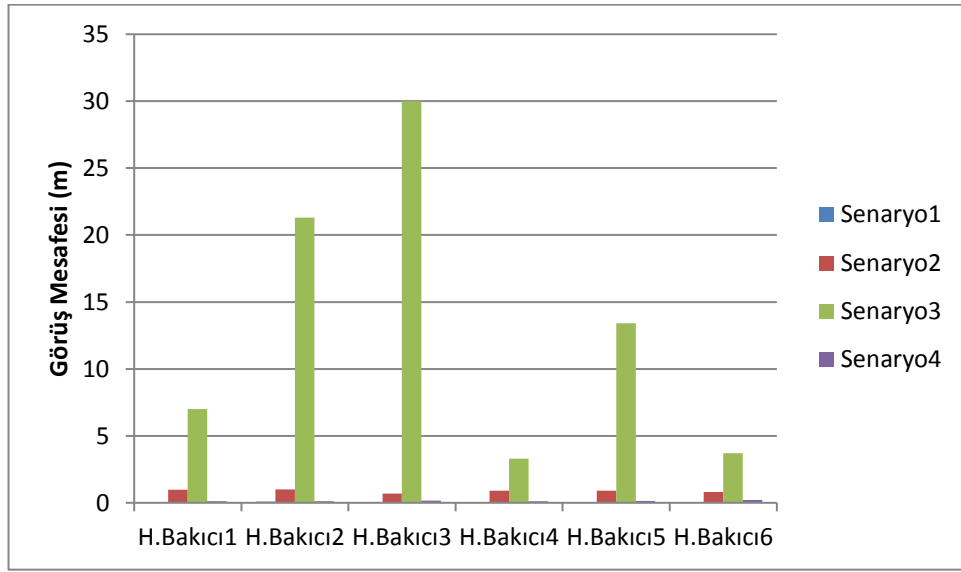
Tablo 6.2. Simülasyonların sonuçlarına göre görüş mesafelerini karşılaştırılması

Tahliye olan kişinin kodu	Senaryo1 (Yağmurlama ve duman egzoz sistemi yok)	Senaryo2 (Yalnızca yağmurlama sistemi var)	Senaryo3 (Yağmurlama ve duman egzoz sistemi var)	Senaryo4 (Yalnızca duman egzoz sistemi var)
H.Bak1c1	0,05 m (162 s)	0,98 m (181 s)	7 m (66 s)	0,11 m (162 s)
H.Bak1c2	0,09 m (165 s)	1 m (182 s)	21,3 m (64 s)	0,12 m (167 s)
H.Bak1c3	0,05 m (167 s)	0,7 m (183 s)	30	0,16 m (168 s)
H.Bak1c4	0,05 m (169 s)	0,9 m (181 s)	3,3 m (79s)	0,11 m (164 s)
H.Bak1c5	0,05 m (171 s)	0,9m (177 s)	13,4 m (66 s)	0,13 m (167 s)
H.Bak1c6	0,05 m (160 s)	0,82 m (187 s)	3.7 m (80 s)	0,21 m (168 s)

Refakatçi eşliğinde tahliye olan insanlar 70. saniyede odalarını boşaltmaya başlamış ve herkesin güvenli alana geçmeleri 195. saniyeye kadar devam etmektedir. Yağmurlama sistemi bulunmayan senaryolarda, görüş mesafesi neredeyse sıfıra yakın olduğundan tahliye uygun olmayacaktır. Sadece yağmurlama sistemi bulunan senaryolarda ise görüş mesafesinde ciddi iyileşme sağlanmış ancak yeterli mesafe olan 5 metre sağlanamamıştır. Hem duman egzoz sistemi hem de yağmurlama sistemi bulunan senaryoda bir iki saniyelik zaman dilimleri hariç görüş mesafesi 5 metrenin üzerindedir. BYKHY’de koridorlarda olması gereken duman egzoz fanı tasarım kriteri net olarak belirtilmemiştir. Ülkemizdeki genel anlayış koridor hacminin saatte 10 katı kadar hava çevremi sağlayacak şekilde havalandırma yapılmasıdır. Kimi görüşlerde yangın çıkan katın alt ve üst katındaki kat koridorlarını da bu hacme eklemesi gerektiğidir. Bu şekilde yorumlandığında bina mimarisine göre koridor için BYKHY gerekliliklerine göre yaklaşık 18000m<sup>3</sup> /saat (5 m<sup>3</sup>/s) kapasiteli egzoz fanı ihtiyacı oluşmaktadır. Simülasyon sonuçları üç kat için 5 m<sup>3</sup>/s kapasiteli bir fan kullanılarak incelenmiş ve görüş mesafesinin bir süre sonra kat zemininden 1,8 metre yükseklik için yeterli olmadığı Tablo 6.2.’de belirtilen değerler baz alındığında görülmüştür. Senaryo-3 de sadece 3 saniye için görüş mesafesi 5 metrenin altına düşmektedir. Bu

senaryo kısmen de olsa uygulanabilir. Ancak diğer senaryolar için sonuçlar çok dramatiktir.

Tablo 6.3.'de görüş mesafesi kişileri yoğun dumanda çömelerek yürüyeceği varsayımı ile kat zemininden 0,4 metre yükseklikten sadece duman egzoz sisteminin çalıştığı senaryo için hesaplanarak simülasyon tekrar edilmiş ve aşağıdaki sonuçlar ortaya çıkmıştır.



Şekil 6.4. 1,8 metrede görüş mesafelerinin en düşük değerinin grafik ile karşılaştırılması ( $5 \text{ m}^3/\text{s}$ )

Tablo 6.3. Simülasyonların sonuçlarına göre zeminden 0,4 metrede görüş mesafelerini karşılaştırılması

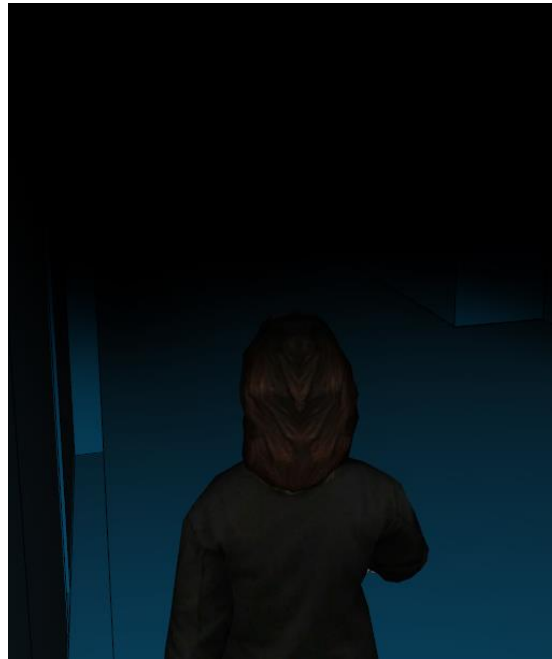
Tahliye olan kişinin kodu	Senaryo4 (Yalnızca duman egzoz sistemi var)
H.Bakıcı1	0,15 m (162 sn)
H.Bakıcı2	0,13 m (167 sn)
H.Bakıcı3	0,16 m (168 sn)
H.Bakıcı4	0,12 m (164 sn)
H.Bakıcı5	0,13 m (167 sn)
H.Bakıcı6	0,20 m (168 sn)

Duman egzoz fanlarının debisini arttırıcı önlemler alınması da görüş mesafesinin iyileşmesini sağlayacaktır. Bu nedenle simülasyon görüş mesafesi kriteri bakımında başarılı olmadığı için fan debisi arttırılarak yeniden incelenmiştir. 10 hava çevrimi ile yapılan hesaplamalarda duman görüş mesafesini neredeyse sıfıra kadar düşürmektedir. Egzoz fanlarının debisi arttırılarak görüş mesafesi arttırılabilir. Egzoz fanının debisi

iki katına çıkarılıp  $36000\text{m}^3/\text{saat}$  ( $10\text{ m}^3/\text{s}$ ) ile hesap yapıldığında görüş mesafesi aşağıdaki tabloda belirtilen değerlerde çıkmaktadır.

Tablo 6.4.  $10\text{ m}^3/\text{s}$  egzoz fanına göre görüş mesafesi

Tahliye olan kişinin kodu	Senaryo4 (Yalnızca duman egzoz sistemi var)
T00162	0,3 m (180 sn)
T00167	0,3 m (186 sn)
T00169	0,5 m (176 sn)
T00171	0,2 m (186 sn)
T00172	0,6 m (178 sn)
T00174	0,20 m (181 sn)



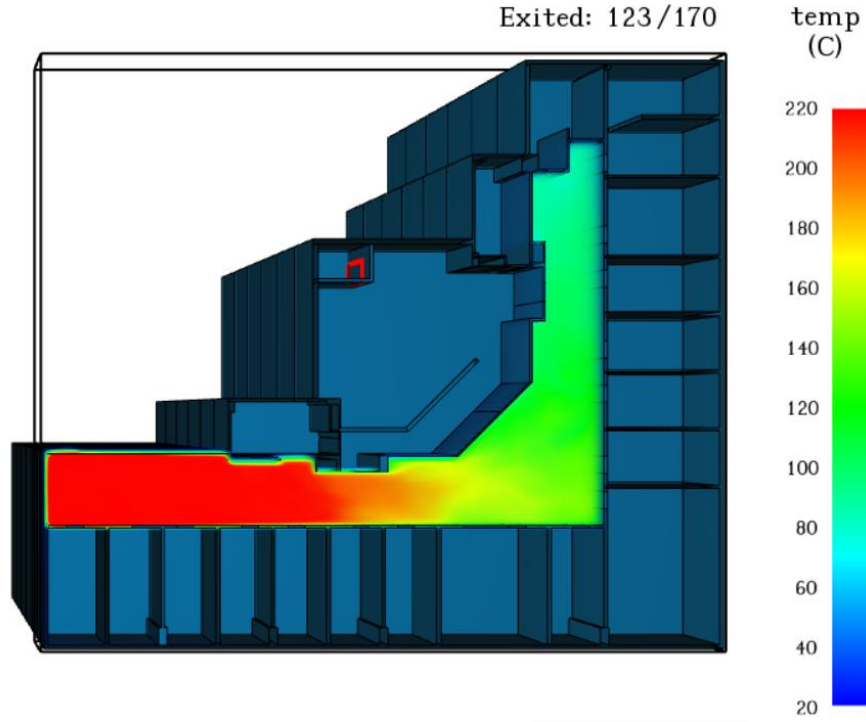
Şekil 6.5.  $10\text{ m}^3/\text{s}$  egzoz fanı ile 70. Saniyede görüş mesafesinin simülasyon programında gösterimi

Tablolar karşılaştırıldığında fan debisi arttırıldığında dahi görüş mesafesinin düşük olduğu görülmektedir ancak, debi arttırıldığında görüş mesafesinin bir iki saniye gibi süreler için bu kadar düşük kaldığı, daha sonra bir metrenin üzerine çıktığı görülebilir. Ancak yine de yeterli olmamaktadır.

#### 6.1.4. Sıcaklığın simülasyon analizi

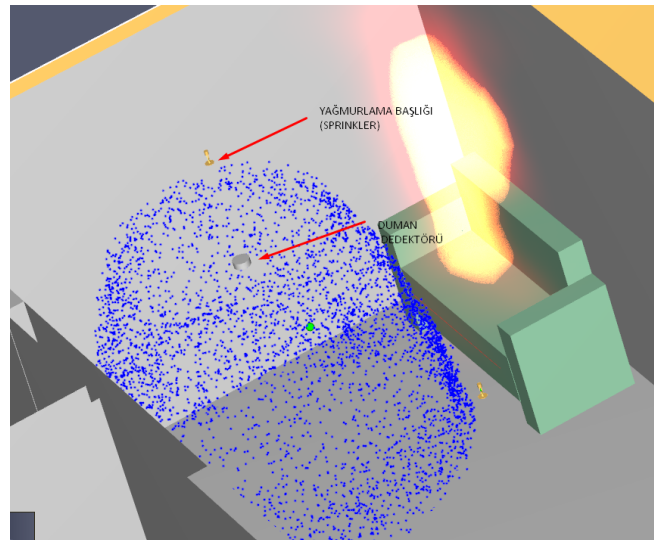
Aşağıdaki şekillerde koridorda oluşan sıcaklık dağılımı belirtilmektedir. Yağmurlama başlığı ve duman egzoz sistemi olmayan birinci senaryoda sıcaklık  $220^\circ\text{C}$  ye

ulaşmaktadır. Tüm senaryolar içerisinde ulaşılan en yüksek sıcaklık olarak bu değer görülmektedir.

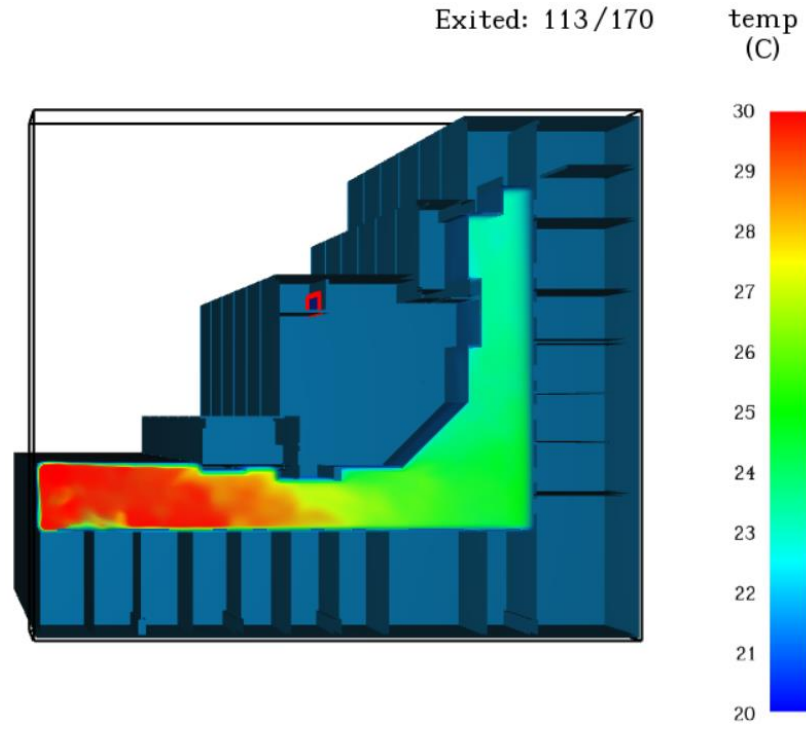


Şekil 6.6. Senaryo1'e göre 250. saniyede koridorda oluşan sıcaklık değerleri (°C)

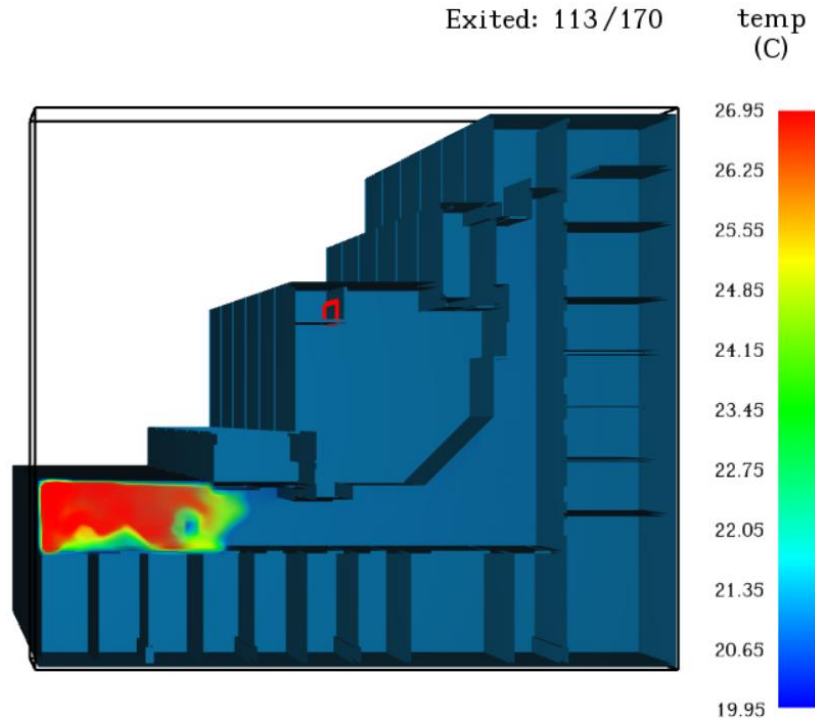
Sadece sprinkler sistemi bulunan ikinci senaryoda sıcaklık en fazla 30°C ye çıkmaktadır. Yağmurlama başlığı 33. saniyede aktif olmuştur. Aktif olduktan birkaç saniye sonra alev söndürülmüştür. Soğuk duman koridor boyunca yayılmıştır.



Şekil 6.7. Simülasyon programında yamurlama başlığı su atımı gösterimi



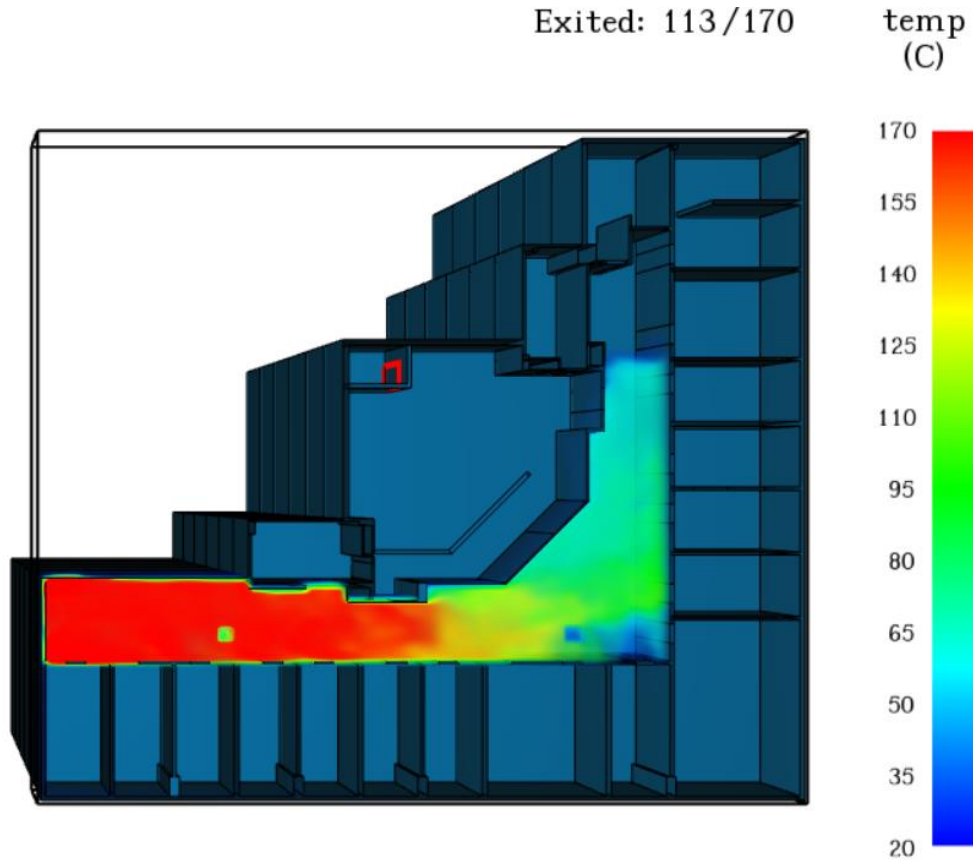
Şekil 6.8. Senaryo2'ye göre 250. saniyede koridorda oluşan sıcaklık değerleri (°C)



Şekil 6.9. Senaryo3'e göre 250. saniyede koridorda oluşan sıcaklık değerleri (°C)

Hem yağmurlama sistemi hem de duman egzoz sisteminin bulunduğu üçüncü senaryoda ulaşılan en yüksek sıcaklık 27 °C dir. Bu senaryoda da ilk yağmurlama başlığı 33. saniyede aktif olmuştur. Yağmurlama sisteminin bulunduğu iki senaryoda da bir adet yağmurlama başlığının aktif olması ile alev söndürülebilmıştır.

Sadece duman egzoz sisteminin bulunduğu dördüncü senaryoda görülen en yüksek sıcaklık 170 °C dir.

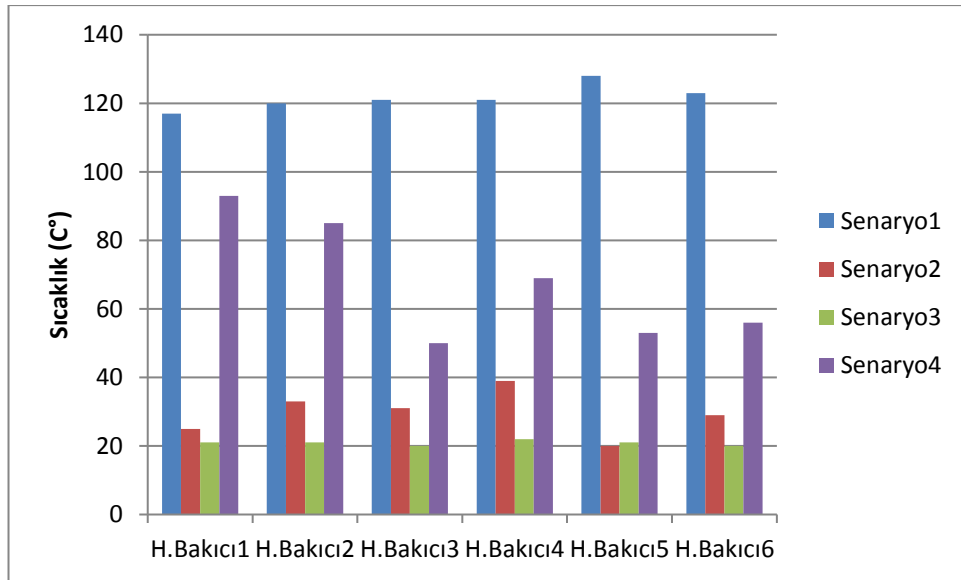


Şekil 6.100. Senaryo4'e göre 250. saniyede koridorda oluşan sıcaklık değerleri (°C)

Senaryolar sonucunda ortaya çıkan simülasyon sonuçlarına göre, sadece yağmurlama sistemi ve duman egzoz sistemi bulunan ortamda ortam sıcaklığı en düşük seviyededir. Daha sonra yağmurlama sistemi bulunan senaryo gelmektedir. Ancak bu iki senaryo arasında sıcaklık farkı oldukça düşüktür. Alev çabuk söndüğü için sıcak duman koridorda yayılamamıştır. Sadece duman egzoz sistemi bulunan Senaryo4 de sıcaklık 170 °C ye ulaşmaktadır. Sıcak duman koridroda yayılıp insan sağlığı için tehlikeli boyutlara ulaşmıştır.

Tablo 6.5. Simülasyonların sonuçlarına göre yangının olduğu koridorda sıcaklıkların karşılaştırılması

Tahliye olan kişinin kodu	Toplam temas süresi (sn)	Senaryo1 (Yağmurlama ve duman egzoz sistemi yok)		Senaryo2 (Yalnızca yağmurlama sistemi var)		Senaryo3 (Yağmurlama ve duman egzoz sistemi var)		Senaryo4 (Yalnızca duman egzoz sistemi var)	
		En Düşük °C	En Yüksek °C	En Düşük °C	En Yüksek °C	En Düşük °C	En Yüksek °C	En Düşük °C	En Yüksek °C
H.Bakıcı1	5	En Düşük °C	En Yüksek °C	En Düşük °C	En Yüksek °C	En Düşük °C	En Yüksek °C	En Düşük °C	En Yüksek °C
		91C	117	20	25	20	21	41	93
H.Bakıcı2	8	En Düşük °C	En Yüksek °C	En Düşük °C	En Yüksek °C	En Düşük °C	En Yüksek °C	En Düşük °C	En Yüksek °C
		91	120	20	33	20	21	29	85
H.Bakıcı3	11	En Düşük °C	En Yüksek °C	En Düşük °C	En Yüksek °C	En Düşük °C	En Yüksek °C	En Düşük °C	En Yüksek °C
		84	121	20	31	20	20	36	50
H.Bakıcı4	11	En Düşük °C	En Yüksek °C	En Düşük °C	En Yüksek °C	En Düşük °C	En Yüksek °C	En Düşük °C	En Yüksek °C
		76	121	20	39	20	22	23	69
H.Bakıcı5	15	En Düşük °C	En Yüksek °C	En Düşük °C	En Yüksek °C	En Düşük °C	En Yüksek °C	En Düşük °C	En Yüksek °C
		76	128	43	20	20	21	44	53
H.Bakıcı6	12	En Düşük °C	En Yüksek °C	En Düşük °C	En Yüksek °C	En Düşük °C	En Yüksek °C	En Düşük °C	En Yüksek °C
		76	123	20	29	20	20	32	56



Şekil 6.111. Yangın çıkan koridorda insana tesir eden en yüksek sıcaklık değerlerinin karşılaştırılması



## **BÖLÜM 7. SİMÜLASYON SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ**

Simülasyon sonuçları göz önüne alındığında özellikle görece dar ya da hacimsel olarak küçük olan tahliye koridorlarında yangın çıkması durumunda görüş mesafesi kritik ve önlem alınması en zor kriter olmaktadır. Tahliye koridorlarında görüş mesafesinin iyileştirilmesi için kullanılan mobilya tekstil malzemelerinin yoğun duman çıkarmayan ürünlerden seçilmesi ve bu konuda bir standart getirilmesi gerekmektedir. Bu konu NFPA101’de oteller için önerilmektedir. Ülke standartlarında ise sağlık yapıları için sınırlandırma yapılmamaktadır. BYKHY’de sağlık yapılarının yağmurlama başlığı ile korunması zorunlu değildir. Ancak bu sistemler alevi söndürüp dumanın yayılmasını düşürdüğü için kullanılması son derece önemlidir. Simülasyon sonuçları da yeterli görüş mesafesi sağlanması için birinci etkili ekipmanın yağmurlama sistemi olduğunu doğrulamaktadır. BYKHY’de de NFPA 101’de belirtildiği gibi sağlık yapılarında yağmurlama sistemi bulunması zorunlu hale getirilmelidir.

Fed analizi sonuçları simülasyonda kritik bir önem arz etmemiştir. Ancak tahliye koridorunun daha büyük olduğu daha uzun süreli tahliyelerde bu değer kritikleşebilir. Tüm senaryolar incelendiğinde yağmurlama başlığı kullanıldığı takdirde dumandan etkilenme oranının ne kadar fazla oranda azaldığı, yağmurlama sisteminin insan sağlığı için ne kadar olumlu etkisi olduğu görülmektedir.

Sıcaklık verileri incelendiğinde, bölüm 4.2.3. deki açıklamalara göre bir kişinin cildinde sıcaklık nedeni ile ağrı cilt sıcaklığı 44.8°C'ye ulaştığında ortaya çıkmaktadır. Bu nedenle yağmurlama sistemi olmayan tüm senaryolarda yangının yaydığı ısı kaynaklı cilt ağrısı olma ihtimali bulunmaktadır. Yapılan araştırmalar sonucunda Tablo 4.8.’de görüldüğü üzere, ısı mazurietine karşı insan toleransı 140 °C sıcaklığın altında 3 dakikadır. Tablo 6.5. bu sınırdaki toplam temas süresi en fazla 12 saniye

olduğundan mevcut senaryoların tümünde sıcaklık açısından tolere edilebilir sınırlar içerisinde kalınmıştır. Sıcaklık bazında incelendiğinde simülasyon can güvenliği bakımından uygun olarak değerlendirilebilir.

Tüm senaryolar incelendiğinde yağmurlama başlığının yangına etkisinin önemini ortaya koymaktadır. Bu sistemler mal güvenliğinden ziyade can güvenliğinin sağlanması açısından da birinci derecede koruyuculardandır.

## KAYNAKLAR

- [1] Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelik -(09/07/2015)-29411, 2015
- [2] NFPA 101 Life Safety Code. 2018 Edition
- [3] Hastanelerde yangın güvenliği: Konunun Türkiye bağlamında incelenmesi ve bir politika önerisi- Sedat Altıntaş
- [4] SFPE Handbook of Fire Protection Engineering-5th Edition-Morgan J\_2015-2016
- [5] SFPE Guide to Human Behavior in Fire 2nd Edition
- [6] PD 7974-6:2019. Application of fire safety engineering principles to the design of buildings
- [7] Performance-Based Fire Safety Design – Morgan J. Hurley
- [8] Küçük, S, “Yanma Sırasında Oluşan Yanma Ürünleri ve İnsan Sağlığı Üzerindeki Olumsuz Etkileri”, Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 7-69 (2001).
- [9] Pyrosim User Manual (2021)
- [10] Pathfinder Technical Reference Manual (2021)
- [11] Walking Speed in Smoke: Representation in Life Safety Verifications- Karl Fridof, Daniel Nilsson, Hakan Frantzich, Enrico Ronchi (2018)
- [12] Engelli Kişilerin Acil Durum Tahliyesi- Abdurrahman Kılıç YANGIN ve GÜVENLİK SAYI 159
- [13] NFPA 72 National Fire Alarm and Signaling Code 2016 Edition

- [14] TS EN 54-14 Yangın algılama ve yangın alarm sistemleri - Bölüm 14: Planlama, tasarım, kurulum, devreye alma, kullanım ve bakım için rehber. Kasım 2018
- [15] NFPA 92 Standart for Smoke Control System 2018 Edition
- [16] British Standart (BS 7346-4) Components for Smoke and Heat Control Systems.
- [17] BS EN 12101-5 Smoke and heat control systems - Part 5: Guidelines on functional recommendations and calculation methods for smoke and heat exhaust ventilation systems
- [18] A Dynamic Approach to ASET/RSET Assessment in Performance Based Design- S.L. Poon
- [19] TS EN 12845 Sabit Yangın Söndürme Sistemleri – Otomatik Sprinkler Sistemleri – Tasarım, Montaj ve Bakım (2019)
- [20] BS EN 12101-3 Specification for powered smoke and heat exhaust ventilators
- [21] TÜYAK 2019 Yangın ve Güvenlik Sempozyumu ve Sergisi Bildiriler Kitabı.
- [22] İnternet: <https://www.thunderheadeng.com>.
- [23] Fire Protection Handbook 20th Edition
- [24] BS 7899-2:1999 Assessment of hazard to life and health from fire - Part 2: Guidance on methods for the quantification of hazards to life and health and estimation of time to incapacitation and death in fires

## ÖZGEÇMİŞ

**Adı Soyadı** :Kerem İLBAY

### ÖĞRENİM DURUMU

<b>Derece</b>	<b>Eğitim Birimi</b>	<b>Mezuniyet Yılı</b>
Yüksek Lisans	Sakarya Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü / Yangın ve Yangın Güvenliği	Devam ediyor
Lisans	Kocaeli Üniversitesi / Mühendislik Fakültesi / Makine Mühendisliği	2011
Lise	Pendik Lisesi	2004

### İŞ DENEYİMİ

<b>Yıl</b>	<b>Yer</b>	<b>Görev</b>
2013-2015	Plasti-Med	İşletme Mühendisi
2015-Halen	Vizyon Proje	Proje Mühendisi

### YABANCI DİL

İngilizce

### HOBİLER

Balık tutmak, Tiyatro izlemek,